

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**  
**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**TESIS DOCTORAL**  
**EVOLUCIÓN DE LAS TEORÍAS BIOLÓGICAS EVOLUTIVAS EN**  
**LIBROS DE TEXTO DE ENSEÑANZA EN CHILE**

**Doctorando: Manuel Tamayo Hurtado**  
**Director de Tesis: Dr. Francisco González García**

**PROGRAMA INTERUNIVERSITARIO DE DOCTORADO EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**  
**EXPERIMENTALES**

**Granada, España, 2004**

**EVOLUCIÓN DE LAS TEORÍAS BIOLÓGICAS EVOLUTIVAS  
EN LIBROS DE TEXTO DE ENSEÑANZA EN CHILE**

El alumno,

El Profesor tutor,

D. Manuel Tamayo Hurtado

Dr. D. Francisco González García



**DEDICATORIA**

**Dedico este estudio a Nira, Darwin y Andrea,  
por su constante apoyo, cariño y paciencia**

Talca, 2004



**TABLA DE CONTENIDO**

---



<b><u>APARTADO</u></b>	<b><u>PÁG.</u></b>
<b>RESUMEN</b>	23
<b>INTRODUCCIÓN</b>	27
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	29
<b>2. OBJETIVOS</b>	33
<b>3. HIPÓTESIS DE TRABAJO</b>	34
<b>4. MATERIALES Y METODOLOGÍA</b>	35
<b>5. ESTADO DEL PROBLEMA</b>	43
5.1. Estudios sobre presiones antievolucionistas en la enseñanza	43
5.2. Estudios sobre el evolucionismo en Chile	43
5.3. Análisis de textos de estudio sobre el tema evolutivo	44
5.4. Estudios sobre el aprendizaje de la evolución biológica	45
<b>6. PLAN DE TRABAJO</b>	46
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES GENERALES</b>	
<b>7. EL ORIGEN DE LA BIOLOGÍA Y DE SU ENSEÑANZA</b>	51
7.1. Contribución de la Historia Natural	51
7.2. Surgimiento de la Ciencia de la Biología	52
7.3. Inicios de la Enseñanza de la Biología moderna	54
7.4. Inicios de la Enseñanza de la Biología en Chile	56
7.5. La integración de la Biología en la enseñanza	59
<b>8. LA OPOSICIÓN A LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y A SU ENSEÑANZA</b>	60
8.1. Los inicios del evolucionismo	60
8.2. El aporte de Charles Darwin	60
8.3. La acogida inicial del Darwinismo	61
8.4. Conflictos entre el Darwinismo y la Religión	63
8.5. Conflictos en torno al evolucionismo entre religiosos	69
8.6. Movimientos antievolucionistas modernos en Estados Unidos	81
8.7. El antievolucionismo fuera de Estados Unidos	93
8.8. Posiciones evolucionistas antirreligiosas	99



8.9. Hacia la superación del conflicto	101
<b>9. LA INTRODUCCIÓN DEL DARVINISMO EN ESPAÑA Y LATINOAMÉRICA</b>	104
9.1. Introducción del darvinismo en España	104
9.2. Introducción del Darwinismo en Latinoamérica	104
<b>10. PRINCIPALES HITOS EN LA HISTORIA DE LA EDUCACIÓN EN CHILE</b>	109
10.1. Período Colonial (1561-1810)	109
10.2. Período de Independencia (1810-1823)	111
10.3. Período de Anarquía (1823-1930)	111
10.4. Período Republicano (1931- )	111

## **CAPÍTULO II. EL EVOLUCIONISMO EN CHILE**

<b>11. CHILE EN LOS INICIOS DEL EVOLUCIONISMO</b>	131
11.1. La supuesta contribución de Juan Ignacio Molina	131
11.2. La estadía de Charles Darwin en Chile	132
<b>12. EL EVOLUCIONISMO EN LOS MEDIOS INTELECTUALES Y CIENTÍFICOS CHILENOS</b>	134
12.1. La introducción del Evolucionismo en Chile	134
12.2. Los conflictos en torno al Evolucionismo	136
12.3. El evolucionismo en el ámbito científico chileno	153

## **CAPÍTULO III. ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN CHILE**

<b>13. CHILE EN EL INICIO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES</b>	169
13.1. La resistencia de los grupos conservadores a la enseñanza de las Ciencias Naturales	169
13.2. Se agudizan los conflictos entre “laicos” y “ultramontanos”	171
13.3. La intervención de la masonería	173
<b>14. LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LOS TEXTOS DE ESTUDIO DE ENSEÑANZA MEDIA</b>	175

**CHILENOS**

14.1. El conflicto en torno al primer texto de estudio de Ciencias Naturales	175
14.2. Los primeros textos de estudio chilenos relativos al evolucionismo: Otto Bürger y Bernardino Quijada	177
14.3. Surgen los textos de estudio antievolucionistas: E. Santier Saint Gabriel y Theo Drathen	187
14.4. Un nuevo autor y su texto evolucionista: Humberto Vivanco Mora	190
14.5. Nuevos textos antievolucionistas: Valentín Panzarasa y Guillermo Abel	192
14.6. Carlos Silva Figueroa, continuador de Quijada y Vivanco Mora	194
14.7. Décadas de 1950-1060: Nuevos textos, nuevos autores	195
14.8. La eliminación de la biología evolutiva de los programas de estudio	199
14.9. La reincorporación de la biología evolutiva a los programas de estudio	203
<b>15. CARACTERÍSTICAS DE LOS TEXTOS DE ESTUDIO SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA PARA LA ENSEÑANZA MEDIA CHILENA</b>	<b>208</b>
15.1. Ideología de autores de texto y su posición frente al evolucionismo	208
15.2. Importancia del tema evolutivo en la Educación media chilena	212
15.3. Contribución de textos chilenos al planteamiento de ideas evolucionistas	221
15.4. Avance del conocimiento científico acerca de la evolución y su manifestación en la enseñanza	228
15.5. Tradición e innovación	251
15.6. Temas y subtemas de la Biología evolutiva considerados en los textos más recientes (fines del período de síntesis y postsíntesis)	264
15.7. Exactitud y veracidad	281
15.8. Características deseables	297
<b>16. RESUMEN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>299</b>

## **CAPÍTULO IV. BASES PARA UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA**

<b>17. DESAFÍOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA</b>	<b>311</b>
17.1. Dificultades generales en la Enseñanza de la Ciencia	312
17.2. Dificultades para la comprensión de la Teoría de la Evolución	313
17.2.1. Introducción	313
17.2.2. Definición de evolución biológica	314
17.2.3. La simplificación de “evolucionistas” contra “creacionistas”	318
17.2.4. Los problemas de la adaptación	322
17.2.5. La definición de ambiente o medio	331
17.2.6. Los conceptos de “especie”	332
17.2.7. Las dificultades de la Selección Natural	337
17.2.8. ¿Qué es el darwinismo?	337
17.2.9. ¿Qué es el lamarquismo?	338
17.2.10. El azar en la evolución biológica	343
17.3. Concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la evolución	344
17.3.1. Introducción: naturaleza de las concepciones alternativas	344
17.3.2. Principales preconceptos sobre la evolución biológica	346
17.3.3. Concepciones lamarquistas	347
17.3.4. La adaptación como un proceso consciente e intencional	350
17.3.5. Pensamiento teleológico: la evolución como un proceso finalista	351
17.3.6. La evolución como un proceso ordenado y progresivo	354
17.3.7. Velocidad evolutiva	370
17.3.8. Otras concepciones de los estudiantes acerca de la evolución	371
17.3.9. Las concepciones erróneas de los profesores	373
17.4. Confusión entre el lenguaje científico y palabras del lenguaje común	383
17.4.1. Introducción: Generalidades	383

17.4.2. Los significados de la palabra “adaptación”	385
17.4.3. Los términos “teoría”, “hechos” y “leyes” en Ciencia	385
17.4.4. Mutaciones y mutantes	387
17.4.5. El significado de la Selección Natural	387
17.4.6. Los significados de “causa”, “propósito”, “diseño” y “azar”	391
17.5. El rechazo a la Evolución biológica por motivos religiosos	394
17.6. El carácter científico de la Evolución Biológica	399
17.6.1. La naturaleza de las teorías	399
17.6.2. Características de la ciencia darvinista	400
17.6.3. Supuesta tautología de la Selección Natural	402
17.6.4. La naturaleza no científica del “creacionismo científico”	406
<b>18. MODELOS DIDÁCTICOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS</b>	411
18.1. Modelo tradicional de transmisión- recepción repetitiva	411
18.2. Modelo del descubrimiento inductivo	412
18.3. Modelo de aprendizaje por recepción significativa.	413
18.4. Modelo constructivista	415
<b>19. FACTORES QUE FAVORECEN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS</b>	419
19.1. Motivación	419
19.2. Clima de aula	420
19.3. El papel del Profesor	421
19.4. Organización de los Contenidos	422
19.5. Trabajo grupal cooperativo	423
19.6. Perspectiva de indagación	424
19.7. Instrumentos de Trabajo	424
19.8. Dimensión Ciencia – Técnica – Sociedad	426
19.9. Estrategia modular	428
19.10. Consideración de la diversidad del alumnado	429
<b>20. MÉTODOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS</b>	431
20.1. Mapas Conceptuales	432
20.2. Razonamiento analógico y modelización	433
20.3. Resolución de problemas	434

20.4. Resolución de problemas asociados a la historia de las ideas científicas	436
20.5. Trabajos prácticos	436
20.6. Investigación	437
20.7. Ciclo de Aprendizaje	438
<b>21. TEMAS EVOLUTIVOS Y ACTIVIDADES PROPUESTAS</b>	439
21.1. Controversia entre Evolución y Creación	439
21.2. La Teoría de la evolución y la ciencia moderna	440
21.3. Historia de la ciencia y del pensamiento científico	441
21.4. Historia de la ciencia y resolución de problemas	442
21.5. Microevolución	444
21.5.1. Mutaciones	445
21.5.2. Selección Natural	445
21.5.3. Deriva génica	448
21.6. Adaptaciones	449
21.7. Especiación	449
21.8. Paleontología y Evolución	449
21.8.1. Colección de fósiles	449
21.8.2. Colecciones paleontológicas	451
21.8.3. Árboles evolutivos y cladogramas	451
21.8.4. Formas transicionales	451
21.8.5. Tiempo geológico	452
21.9. Evolución humana	452
22. RESUMEN	453

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA**

Introducción	459
Cuestionario Previo: Unidad y Diversidad de los seres vivos	468
Tarea Número 1: Origen de la Diversidad	468
Tarea Número 2: Origen de las adaptaciones	469
Tarea Número 3: ¿Cómo se produce la modificación de los seres vivos?	470
Módulo número 1: La Teoría de la Evolución Biológica y la Ciencia	471

Módulo número 2: Historia de las ideas Evolutivas.	480
Módulo número 3: Microevolución.	498
Módulo número 4: Pruebas de la Evolución.	524
Módulo número 5: Adaptaciones y evolución biológica:	544
Módulo número 6: La especie biológica y los mecanismos de Especiación	559
Módulo número 7: Evolución transespecífica o Macroevolución	576
Módulo número 8: El origen de la vida	592
Módulo número 9: Evolución humana	605
Actividad de síntesis final	632
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	635
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1. Cronología 1: Hitos del evolucionismo en Europa, EE.UU. y Chile desde la publicación de <i>“El Origen de las Especies”</i> hasta nuestros días.	734
Anexo 2. Cronología 2: Evolucionismo en España y Latinoamérica, desde la publicación de <i>“El Origen de las especies”</i> hasta 1900.	756



## ÍNDICE DE FIGURAS

---



## CUADROS

Cuadro 1. Textos de estudio revisados	39
Cuadro 2. Autores de textos de estudio francmasones y sacerdotes católicos y su posición frente al evolucionismo.	210
Cuadro 3. Porcentaje de Páginas dedicadas a la Evolución en textos de Biología para la enseñanza en el nivel medio (1914-1998).	213
Cuadro 4. Número de ejemplos chilenos en los textos revisados.	225
Cuadro 5. Evolucionistas y fijistas mencionados en los libros de Texto	236
Cuadro 6. Temas y subtemas en textos sobre evolución en enseñanza media en Chile	265
Cuadro 7. Números y porcentajes de aspectos específicos en cada gran subtema evolutivo considerados en textos de enseñanza media (1960-2000).	278
Cuadro 8. (Anexo) Cronología 1: Hitos del evolucionismo en Europa, EE.UU y Chile desde la publicación de “El Origen de las Especies hasta nuestros días.	734
Cuadro 9. (Anexo) Cronología 2: Evolucionismo en España y Latinoamérica, desde la publicación de “El Origen de las especies hasta 1900.	756

## GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de contenidos sobre evolución en textos de estudio en Chile.	216
Gráfico 2. Número de ejemplos chilenos en textos escolares sobre evolución en Chile.	227
Gráfico 3. Número de subtemas sobre evolución en textos de estudio en Chile.	275
Gráfico 4. Porcentaje de aspectos específicos considerados en cada uno de los grandes temas evolutivos, en textos chilenos (1960-2000).	280

## **AGRADECIMIENTOS**

---

El autor desea agradecer a todos quienes hicieron posible que este trabajo llegara a buen término. En primer lugar, agradezco al profesor tutor, Dr. Francisco González García, quien motivó, guió y apoyó eficientemente la realización de este trabajo en todas sus etapas. Al personal que me atendió solícita y diligentemente en las diversas bibliotecas que debieron ser consultadas, en particular de la Biblioteca Nacional de Chile, Biblioteca del Departamento de Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada, Bibliotecas de la Universidad Católica del Maule (Talca y Curicó), Biblioteca Pública N°4 Luis Montt, Biblioteca del Museo Nacional de Historia Natural. Deseo expresar en este sentido un agradecimiento especial al Sr. Mario Farías Andrade, Encargado de Colecciones del Museo Pedagógico de Chile, quien puso a mi disposición sin limitaciones la valiosa Biblioteca que contiene una muy completa colección de Textos de Estudios chilenos de dicha institución. A mi amigo el Sr. Raúl Briones, quien me facilitó el interesante y antiguo texto *“Excepciones de la Naturaleza”* de Daniel Barros Grez. A mi esposa, Nira, y a mis hijos, Darwin y Andrea, que asumieron resignadamente el costo de tener que ser algo postergados mientras me dedicaba al desarrollo de este trabajo.



**RESUMEN**

---



La Evolución Biológica es la idea central que da sentido a la Biología moderna. Sin embargo, en diferentes países movimientos extracientíficos han desencadenado una fuerte oposición a su enseñanza. Las presiones de estos grupos antievolucionistas han llevado a reducir progresivamente o a tergiversar la enseñanza de la Biología evolutiva en los colegios. El presente trabajo tiene por fin examinar esta situación en la educación media chilena. Como marco general de referencia se entrega una revisión de antecedentes acerca del origen de la Biología y su enseñanza, del conflicto religioso que generó, la oposición a la enseñanza de la evolución y los principales hitos en la historia de la educación en Chile. Se revisó la información disponible en bibliotecas e Internet con el objeto de formar un panorama claro con relación con tres aspectos, muy interrelacionados: Chile en los inicios del evolucionismo, desarrollo del evolucionismo en los medios científicos e intelectuales chilenos, y el evolucionismo en la Enseñanza Media de Chile.

Reunida una muestra importante que cubre los principales textos de Biología o Ciencias naturales producidos en Chile, para el último nivel de enseñanza secundaria o media (sexto humanidades o cuarto año de enseñanza media), se evaluó la pugna entre las posiciones evolucionistas y antievolucionistas reflejada en los contenidos de estos textos, se relacionó la ideología de los autores de textos con su posición frente al evolucionismo, se determinó la importancia relativa asignada al tema evolutivo en la enseñanza media, la contribución de los textos de estudio chilenos al desarrollo de las ideas evolucionistas, el avance del conocimiento científico y su manifestación en la enseñanza de la evolución, se compararon diversas ediciones de los mismos textos para analizar los cambios principales introducidos en sus contenidos, se hizo una revisión de los temas y subtemas de la Biología evolutiva considerados en los textos publicados a partir de 1960, desde fines del período de la síntesis, y se revisó cada texto de estudio con el objeto de estimar la veracidad de sus afirmaciones.

Se analizaron las bases para realizar una propuesta de enseñanza de la evolución biológica. Se revisaron los principales desafíos que deben enfrentarse: las dificultades generales en la enseñanza de la ciencia, las dificultades para la comprensión de la Teoría de la Evolución, las concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la evolución, la confusión entre el lenguaje científico y el lenguaje común, el rechazo a la evolución biológica por motivos religiosos y las razones que a veces ponen en duda el carácter científico de la Teoría de la Evolución. Se compararon los principales modelos didácticos de enseñanza de las ciencias, sus características, ventajas y desventajas: modelo tradicional de transmisión- recepción repetitiva, modelo del descubrimiento inductivo, modelo de aprendizaje por recepción significativa y modelo constructivista.

Se reseñaron los principales factores que favorecen el aprendizaje de las ciencias (motivación, clima de aula, el papel del Profesor, organización de los contenidos, trabajo grupal cooperativo, perspectiva de indagación, instrumentos de trabajo, dimensión Ciencia – Técnica – Sociedad, estrategia modular y consideración de la diversidad del alumnado) y los métodos de enseñanza de las ciencias (mapas conceptuales, razonamiento analógico y modelización, resolución de problemas, resolución de problemas asociados a la historia de las ideas científicas, trabajos prácticos, investigación, ciclo de aprendizaje). Por último, se revisaron las actividades propuestas por diferentes investigadores y educadores en relación con los distintos temas evolutivos: controversia entre evolución y creación, la Teoría de la evolución y la ciencia moderna, historia de la ciencia evolutiva y del pensamiento científico, historia de la ciencia evolutiva y resolución de problemas, microevolución, daptaciones, especiación, paleontología y evolución humana.

A partir del análisis del desarrollo histórico de la enseñanza de la evolución biológica, de acuerdo con los textos publicados, y de los diferentes aspectos generales revisados, se realiza una propuesta de enseñanza de la evolución biológica.



## INTRODUCCIÓN

---

- 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
- 2. OBJETIVOS**
- 3 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

#### **4 MATERIALES Y METODOLOGÍA**

#### **5 ESTADO DEL PROBLEMA**

**5.1. Estudios sobre presiones antievolucionistas en la enseñanza**

**5.2. Estudios sobre el evolucionismo en Chile**

**5.3. Análisis de textos de estudio sobre el tema evolutivo**

**5.4. Estudios sobre el aprendizaje de la evolución biológica**

#### **6 PLAN DE TRABAJO**

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La evolución biológica se preocupa de algunas preguntas fundamentales: ¿Qué proceso ha creado la extraordinaria variedad de formas vivientes?, ¿Cómo pueden explicarse las semejanzas entre los organismos actuales y pasados? El concepto de evolución biológica responde que los millones de especies diferentes de plantas, hongos, animales y microorganismos que viven o vivieron sobre la Tierra están relacionados por ancestros comunes.

En 1973, ante la convención de la *National Association of Biology Teachers*, de Estados Unidos, el célebre genetista y uno de los fundadores de la moderna síntesis evolutiva, Theodosius Dobzhansky (1900-1975), expresó: “*Nada en Biología tiene sentido, salvo en el contexto de la Evolución*”. Dobzhansky indicó que la notable diversidad de los seres vivos y su asombrosa unidad se hicieron más inteligibles con la Teoría de la Evolución, y continuó: “*Vista en el contexto de la evolución, la biología es, quizás, intelectualmente la ciencia más satisfactoria e inspiradora. Sin aquella luz se transforma en un conjunto de hechos diversos, interesantes o curiosos, pero sin entregar un cuadro significativo*”. Su intervención sirvió de base para un artículo con el mismo título publicado en *American Biology Teacher* (Dobzhansky, 1973). La frase fue muy afortunada, porque ha sido reproducida numerosas veces y porque pone de relieve la importancia de la Evolución Biológica como idea central, que da sentido a toda la Biología.

Lo que pareció ser hace treinta años solo una declaración provocativa, se ha establecido firmemente como una idea unificadora en la educación biológica. Varios científicos lo han expresado claramente: “*En biología existe un gran número de generalizaciones, pero muy pocas teorías. Entre éstas, la teoría de la evolución es indudablemente la más importante, porque reúne, en los dominios más variados, una masa de observaciones que sin ella permanecerían aisladas; porque vincula entre sí todas las disciplinas relacionadas con los seres vivos; porque establece un orden en la extraordinaria variedad de organismos y los liga al resto de la Tierra; en una palabra, porque ofrece una explicación causal del mundo viviente y de su heterogeneidad*” (Jacob, 1972, pág. 19). “*Se refería a que las franjas del tigre, la digestión de un ave del paraíso, las formas de un nefrón, el sueño, la estructura y función del cerebelo, la extinción de los trilobitas, sólo se entienden cabalmente cuando se los analiza en el marco de una vida que evoluciona a lo largo de tres o cuatro mil millones de años desde las moléculas primigenias hasta los organismos actuales... y que prosigue*” (Cereijido, 2002, pág. 148).

La evolución fue identificada como el tema unificador de la biología por la *American Society of Zoologists* (Moore, 1984), y el proyecto de esta Sociedad para mejorar la enseñanza en el primer nivel de enseñanza se centró en la biología evolutiva. En 1996, el *National Research Council* (Consejo de Investigación Nacional, NRC) de Estados Unidos, también identificó a la evolución como una idea unificadora, que supera las fronteras disciplinarias; como una idea poderosa que debe ser utilizada a través de todos los niveles de enseñanza para dirigir la instrucción y organizar los planes de estudios. La *National Science Education Standards*, de Estados Unidos, considera que “evolución y equilibrio” es uno de los cinco conceptos centrales que unifican a todas las ciencias (<http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/6a.html#unifying>).

Otro de los artífices de la síntesis evolutiva moderna, Sir Julian Sorell Huxley (1887-1975), planteó que la evolución biológica no es sino una etapa de un proceso único complejo, que con diferentes mecanismos abarca toda la realidad, incluyendo las transformaciones físicas del Universo en su conjunto y los cambios culturales de la sociedad humana (Huxley, 1963). Esta idea ha sido retomada y desarrollada en fechas recientes, en relación con las nuevas ideas de la termodinámica del desequilibrio y la teoría de los sistemas dinámicos (Laszlo, 1988) y con otros desarrollos científicos modernos (Fischer, 2001).

El físico John Archibald Wheeler calificó al principio darviniano de la selección natural como “*el descubrimiento científico más grande de todos los tiempos*”. El biólogo y Premio Nobel, Francis H. C. Crick (1966, pág. 91) escribe: “*Creo que es difícil enfatizar en exceso la importancia de enseñar la selección natural, tanto en las escuelas como en las universidades, de manera que cada miembro de nuestra cultura tenga una clara y firme comprensión de este principio*”. Robert A. Wallace, Jack L King y Gerald P. Sanders (1990, pág. 19) expresan: “*La teoría de la evolución es uno de los temas más profundos y explícitos de la biología moderna. Se ha empleado como punto de apoyo intelectual para extraer las incontables gemas que encierra la compleja matriz de la vida. En realidad, ha sido tan útil que resulta sorprendente que alguna vez se haya hecho biología sin un claro entendimiento de los principios de esta teoría. Naturalmente, como sabemos, gran parte de la biología se hizo sin ella; pero como también se sabe, la mayor parte estaba equivocada*”. En uno de sus libros relativos a la naturaleza y estructura de la ciencia, el profesor Ruy Pérez Tamayo (Pérez, 1989, pág. 33) opina que la teoría de la evolución es “*una de las más grandiosas generalizaciones científicas de todos los tiempos*”.

Brian Goodwin comenta: “No hay faceta de la vida humana que no sea tocada por la teoría de la evolución de Darwin, modificada de diversas maneras para aplicarla a la economía y la política, a la explicación de los orígenes y significado del arte, e incluso a la historia de las ideas mismas” (Goodwin, 1998, pág. 9). Por su parte, el filósofo Daniel C. Dennett (1942-) dice: “Si se tratase de conceder un premio a la mejor idea que alguien haya tenido, yo se lo concedería a Darwin, por delante de Newton y de Einstein y algunos otros. De un solo golpe, la idea de la evolución por selección natural unifica la esfera de la vida, su significado y su propósito, con la esfera del espacio y el tiempo, de la causa y del efecto, de los mecanismos físicos y de las leyes que los rigen” (Dennett, 1999, pág. 23).

La evolución biológica explica tres características fundamentales del mundo que nos rodea: las semejanzas entre los seres vivos, su diversidad, y muchos rasgos del mundo físico (National Academy of Sciences, 1998, págs. 1-3). Las explicaciones evolutivas de estos fenómenos utilizan datos provenientes de la física, la química, la geología, muchas áreas de la biología y otras ciencias. Por ello, la evolución es un principio unificador, mediante el cual los científicos entienden el mundo, y la evolución biológica en particular explica a los seres vivos. Enseñar la biología sin considerar a la evolución implica privar a los estudiantes de un concepto poderoso, el más importante para nuestro entendimiento de la vida.

Más allá de su importancia como parte del bagaje cultural, la posibilidad de comprender los procesos de la evolución biológica tiene una enorme importancia práctica. Directamente o indirectamente, la biología evolutiva ha hecho muchas contribuciones a la sociedad. La investigación evolutiva es uno de los campos más activos de la biología actual, y regularmente se producen descubrimientos de usos prácticos importantes, por ejemplo mediante la aplicación de las ideas evolutivas en la biotecnología. La biología evolutiva ha contribuido en muchos avances agrícolas importantes, explicando las relaciones entre las plantas salvajes y cultivadas, los animales y otros enemigos naturales, lo que ha llevado a la utilización de principios selectivos en la agricultura, y la comprensión de las variedades de especies domésticas o de interés comercial. El entendimiento de la evolución ha sido esencial en la detección y utilización de combustibles fósiles y otros recursos naturales, y será indispensable para que las sociedades humanas establezcan relaciones sustentables con el ambiente natural. El enfrentamiento a la resistencia a diferentes fármacos por parte de microorganismos, células cancerosas y plagas, se realiza aplicando conceptos evolutivos, porque la evolución biológica explica por qué muchos patógenos han estado desarrollando resistencia a drogas anteriormente eficaces y sugiere los modos de enfrentar este problema cada vez más serio.

El análisis evolutivo en el diseño de vacunas, la aplicación de criterios filogenéticos en la selección de organismos para el ensayo de fármacos y transplantes, la comprensión de los síntomas de las enfermedades como adaptaciones, la comprensión del envejecimiento y de la conducta humana, son ejemplos que demuestran la importancia práctica de la investigación y enseñanza de la evolución biológica en el campo de la Medicina (Lappé, 1994; Nesse y Williams, 1994; National Academy of Sciences, 1998, págs. 3-4; Stearns, 1999; Trevathan, Smith y McKenna, 1999; Antolin y Herbers, 2001; Grau y De Manuel, 2002).

El conocimiento de la evolución biológica ayuda a tomar decisiones más inteligentes, por ejemplo durante el curso de una enfermedad infecciosa tratada con antibióticos. También puede ayudar a los líderes nacionales en relación con controversias públicas tales como la destrucción de los ecosistemas naturales, el Proyecto Genoma Humano, la investigación acerca del ADN recombinante, la ingeniería genética, plantas nucleares, traslado y conservación de desechos tóxicos, etc., en relación con los cuales se deben adoptar decisiones científicamente informadas (Smith, Siegel y McInerney, 1995). En 1984, el médico Leonard L. Bailey, de la Facultad de Medicina de Loma Linda, perteneciente a los Adventistas del Séptimo Día, implantó quirúrgicamente el corazón de un babuino a una niña nacida con malformaciones congénitas. El órgano fue inmediatamente rechazado y la niña murió. Cuando se le preguntó al Dr. Bailey por qué no había utilizado mejor un corazón de chimpancé, que presenta una mayor proximidad evolutiva con el ser humano, respondió que “*no creía en la evolución*”. El evolucionismo tuvo un importante papel en el desarrollo de la psicología moderna, resolviéndole a los psicólogos numerosos problemas, entre ellos el origen y perpetuación de las cualidades mentales, la semejanza en el comportamiento del ser humano y otros animales, y el manejo de los eventos psicológicos como acontecimientos naturales precisos, obrando a favor de un tratamiento más naturalista (Kantor, 1990, págs. 296, 537-542).

Estos antecedentes bastarían para justificar que a la evolución biológica se le asignara una posición central en la didáctica de la Biología. El paleontólogo estadounidense George Gaylord Simpson (1961b) expresa: “*Supongamos que el principio más fundamental y general de una ciencia se conoce bien desde hace más de un siglo y que desde hace mucho tiempo es la base principal para el conocimiento y la investigación por parte de los científicos en aquel campo. Usted seguramente asumiría que tal principio será tomado como norma por todos los que tengan hasta un conocimiento superficial de esa ciencia. Obviamente lo enseñarían en todas partes como conocimiento básico para la ciencia en cualquier nivel de educación. Si usted piensa sobre la biología, sin embargo, se equivoca*”.

## 2. Objetivos

El presente trabajo tiene por fin, en primer lugar, examinar esta situación en la educación chilena, con el objetivo específico de responder a los siguientes interrogantes:

1. ¿Qué características tuvieron en Chile las disputas que se produjeron especialmente desde mediados del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX en diversos países entre grupos evolucionistas y sus opositores?.

2. ¿De qué manera se ha reflejado en la enseñanza de la Biología en Chile la pugna entre evolucionistas y antievolucionistas?. Los textos de estudio producidos para la enseñanza de la Biología en el nivel medio, ¿han mantenido posiciones objetivas o se han abanderizado abiertamente en algún sentido?. ¿Qué posición filosófica han mantenido los autores de estos textos?.

3. ¿Han contribuido los investigadores, intelectuales o educadores chilenos al desarrollo de las ideas evolucionistas?. En textos de estudio de Biología en el nivel de enseñanza media, ¿se ha enriquecido la exposición o discusión de la materia con ejemplos de especies nacionales?.

4. ¿Cómo ha variado la importancia del tema evolutivo en la enseñanza media?. ¿Cuál ha sido la posición oficial de las autoridades educativas, reflejada en los programas oficiales de estudio, frente al creacionismo antievolucionista?. ¿Existe alguna relación entre la posición ideológica de los gobiernos, a través de sus autoridades educacionales, y el tiempo dedicado a la enseñanza de la evolución biológica?.

5. ¿Existe alguna relación que pueda detectarse entre los cambios de enfoques en el tema de la evolución producidos a través de la historia de las ideas y su enseñanza en Chile?. ¿Con cuánto retardo se ha producido la renovación de las ideas evolutivas en los textos de estudio respecto al avance de la investigación científica?. ¿Se han incorporado gradual y adecuadamente a los textos de estudio los diferentes enfoques teóricos y filosóficos?.

6. ¿Hasta qué punto las nuevas ediciones de un mismo texto introducen cambios en los contenidos, suprimiendo, modificando o agregando ideas?. ¿Cómo pueden interpretarse tales cambios?.

7. ¿Qué campos o temas específicos de la evolución biológica se han desarrollado en los textos de estudio y cómo ha cambiado su importancia relativa a través del tiempo?.

8. ¿Cómo ha cambiado la estructura básica de los textos de estudio en relación con los conceptos evolutivos?

9. ¿Hasta qué punto los textos de estudio de Biología en el nivel medio en Chile han presentado el tema de la evolución biológica en forma exacta y veraz?.

A partir del análisis del desarrollo de la enseñanza de la biología en la enseñanza media de Chile y la consideración de dificultades que se han detectado en su enseñanza, así como de proposiciones surgidas de la experiencia de investigadores y didactas en este campo, se espera contribuir a la enseñanza de la evolución biológica con materiales que puedan utilizarse en el aula. La evaluación de este tipo de materiales abre posibilidades de investigaciones en este campo.

### 3. Hipótesis de Trabajo

1. Desde principios del siglo XX, y durante varias décadas, se produjeron en diversos países occidentales fuertes disputas entre grupos evolucionistas y sus opositores. Las características que tuvieron en Chile estos enfrentamientos deben poder estimarse mediante una revisión de las publicaciones de libros o artículos de revistas de la época.

2. La pugna entre posiciones evolucionistas y antievolucionistas debe reflejarse en los contenidos de los textos de estudio de Biología para la enseñanza media producidos en Chile.

3. Es previsible que, al igual que en otros países occidentales, en Chile haya variado a través del tiempo la importancia que se le ha dado al tema evolutivo en la enseñanza media, fenómeno detectable mediante el análisis de la proporción de páginas dedicadas a esta materia en los textos oficiales de estudio (Skoog, 1979; Rosenthal, 1985; Barberá y Zanón, 1999). La posición oficial de las autoridades educativas frente al creacionismo antievolucionista deberá estar reflejada en los programas oficiales de estudio y posiblemente exista alguna relación entre la posición ideológica de los sucesivos gobiernos, a través de las autoridades educacionales, y la enseñanza de la evolución, como se ha observado en otros países (Barberá y Zanón, 1999).



4. Es esperable que los investigadores, intelectuales o educadores chilenos hayan contribuido al desarrollo de las ideas evolucionistas en alguna proporción. También en la exposición o discusión de la materia en los textos de estudio de Biología en el nivel de enseñanza media, podrían encontrarse ejemplos relacionados con especies nacionales.

5. A través de la historia de las ideas y el avance del conocimiento científico se han producido cambios de enfoques en el tema de la evolución, por ejemplo el apoyo al darvinismo o al lamarquismo han experimentado importantes cambios en diferentes épocas. Puede esperarse que esta variación de enfoques se detecte en los textos de estudio publicados en Chile en diferentes épocas.

6. Se ha señalado que en los contenidos de los textos de estudio existe cierta resistencia a la innovación. Podría detectarse con cuánto retardo se ha producido la renovación de las ideas evolutivas en los textos de estudio respecto al avance de la investigación científica y hasta qué punto las nuevas ediciones de un mismo texto han introducido cambios en sus contenidos, suprimiendo, modificando o agregando ideas.

7. Dentro del amplio campo de la evolución biológica existe una serie de temas específicos (pruebas de la evolución, mecanismo evolutivo, especiación, origen de la vida, origen del hombre, etc.), cada uno de ellos divisible en subtemas. Podemos esperar que en los textos de estudio algunos de estos campos se hayan desarrollado con mayor preferencia que otros, como se ha detectado en textos de otros países (Glenn, 1990; Swarts, Anderson y Swetz, 1994) y que la importancia relativa de cada uno de ellos haya cambiado a través del tiempo.

8. En un campo tan controvertido como el de la evolución biológica, donde se han producido enfrentamientos entre corrientes filosóficas distintas, es posible que no todos los textos de estudio de Biología en el nivel medio en Chile hayan presentado el tema de la evolución biológica en forma exacta o veraz.

#### 4. Materiales y metodología

Se efectuó un trabajo de revisión exhaustiva de la bibliografía disponible en bibliotecas y librerías con el objeto de reunir la información necesaria para formar un panorama claro en relación a los siguientes aspectos:

1. Chile en los inicios del evolucionismo.

2. El desarrollo del evolucionismo en los medios científicos e intelectuales chilenos. Se confrontó este proceso con los principales hechos de la historia de la educación y de la sociedad chilena, el evolucionismo en el mundo y los textos de estudio considerados (Anexos: Cronología 1 y Cronología 2).

3. El evolucionismo en la Enseñanza Media de Chile, tema revisado especialmente a través de los textos de estudio publicados en Chile. El análisis de la información reunida en estos tres primeros puntos permitió estimar las características que tuvieron en Chile las disputas entre grupos evolucionistas y sus opositores, y la composición y la naturaleza de estos grupos.

4. Reunida una muestra importante que cubre las principales ediciones de los textos de Biología o Ciencias naturales para el último nivel de enseñanza secundaria o media (sexto humanidades o cuarto año de enseñanza media), producidos en Chile. De acuerdo con los planteamientos de cada libro, se evaluó la postura de los autores frente al tema del evolucionismo (evolucionista, antievolucionista, neutral), y en los casos de autores cuya ideología es reconocida, se relacionó con su postura ideológica.

5. Se evaluó la pugna entre las posiciones evolucionistas y antievolucionistas reflejada en los contenidos de estos textos mediante la consideración del lenguaje empleado para calificar ambas posiciones y el recuento de las argumentaciones favorables o contrarias al evolucionismo en cada texto, o de simples opiniones no argumentadas, tales como “*no puede sostenerse*” o “*contrario a los hechos comprobados*”. En los casos en que se expone un argumento a favor y luego se rebate, se consideró como argumentación contraria; si se da un argumento creacionista y luego se rebate, se consideró como argumentación favorable.

El número señalado en cada caso es una aproximación, es imposible definir un número exacto de argumentos u opiniones, porque suelen mencionarse varios ejemplos de organismos distintos para avalar una misma argumentación, a veces en una frase o en frases separadas (que pueden considerarse como un solo argumento o varios), a veces un mismo hecho aparece citado más de una vez a través del texto y hay argumentos que rebaten alguna idea en particular respecto al mecanismo evolutivo, pero no al hecho de la evolución propiamente tal.

6. Importancia del tema evolutivo en la enseñanza media. Se hizo una estimación de la importancia relativa de los contenidos sobre evolución en cada texto calculando el porcentaje que estos contenidos representan dentro de cada texto, sobre el total de páginas reales (por lo tanto, exceptuando páginas en blanco, prólogo, ejercicios, bibliografía, índices o anexos similares). En los cálculos se incluyeron todas las páginas relacionadas directamente con el tema, incluyéndose, por ejemplo las relativas al concepto de especie, genética de poblaciones o mutaciones, que en algunos casos aparecen fuera del capítulo llamado “evolución”. Se hizo un seguimiento para estimar esta variación a través del tiempo. Se revisaron los programas oficiales de estudio para estimar la posición oficial de las autoridades educativas frente al creacionismo antievolucionista y cuando los contenidos acerca de la evolución se eliminaron de los programas de estudio o se transformaron en electivos, se analizó la posición ideológica de las autoridades educacionales frente al tema.

7. Contribución al desarrollo de las ideas evolucionistas. En cada texto de estudio seleccionado se contaron los ejemplos relacionados con especies nacionales durante la exposición o discusión de la materia. Se evaluó las tendencias a través del tiempo en este tipo de citas.

8. Avance del conocimiento científico y su manifestación en la enseñanza de la evolución. Se revisaron los textos seleccionados para determinar si se ha producido alguna variación de enfoque paralelamente con los cambios experimentados a través del siglo XX en las ideas evolucionistas. Se ubicaron los diferentes textos y sus ediciones en las etapas del pensamiento evolucionista, considerándose las fechas en que se introdujeron científicamente las nuevas ideas en relación con los contenidos presentados en los textos. Una comparación directa más estricta en este sentido, se entrega en el Anexo (“Cronología 1; Cronología 2”).

9. Se clasificaron a los científicos considerados en cada texto de acuerdo con la relevancia que se les da, y se les otorgó puntajes para establecer el ranking de los autores más valorados en cada etapa del pensamiento evolucionista. Además, se hizo un recuento de los científicos mencionados de acuerdo con sus escuelas evolutivas, con el fin de estimar el reemplazo de las distintas corrientes a través del tiempo, en los textos analizados.

10. Tradición o Innovación. Se compararon diversas ediciones de los mismos textos para verificar los cambios principales introducidos en sus contenidos, y se analizaron las posibles razones que indujeron estos cambios.

11. Temas y subtemas en la Biología evolutiva. Se hizo una revisión de los temas y subtemas de la Biología evolutiva considerados en cada uno de los textos revisados que se han publicado desde fines del período de Síntesis (1960 hasta la fecha). Se tomaron como base los temas y subtemas considerados por Rosenthal (1985) y por Swarts, Anderson y Swetz (1994), con modificaciones y adiciones.

12. Exactitud y veracidad. Se revisó cuidadosamente cada texto de estudio con el objeto de estimar la veracidad de sus afirmaciones. Se analizaron especialmente ciertas afirmaciones de los textos antievolucionistas.

Los datos relativos a los textos de estudio revisados se entregan en el Cuadro 1:

CUADRO 1.: TEXTOS DE ESTUDIO REVISADOS

AÑO	AUTOR(ES)	TÍTULO	EDITORIAL	COMENTARIOS
(s/a)	H. E. C.	<i>Nociones elementales de Ciencias con aplicación a la Higiene, Industria y Agricultura.</i> 4ª. Edición.	Obras de Enseñanza Primaria y Secundaria. Procuraduría “Escuelas Cristianas”, Santiago de Chile	No desarrolla el tema evolutivo
1902	Bürger, O.	<i>Teoría de la Evolución</i>	Imprenta y Encuadernación El Globo, Santiago	
1913	Jaffuel, F.	<i>Elementos de Zoología.</i>	Imprenta Cosmos, Santiago de Chile	Trata brevemente el tema evolutivo
1914	Quijada, B.	<i>La teoría de la Evolución.</i> 3ª. Edición.	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	
1917	Quijada, B.	<i>La teoría de la Evolución.</i> 4ª. Edición.	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	
1921	Meyer, A. y R. Bonn	<i>Testo para la enseñanza de la zoología I año.</i> 13 ed.	Imprenta Chile, Santiago de Chile	Trata breve e indirectamente el tema evolutivo
1923	Quijada, B.	<i>La teoría de la Evolución.</i> 7ª. Edición.	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	
1923	Santier Saint Gabriel, E. S.	<i>La evolución orgánica</i>	La Gratitude Nacional, Santiago de Chile	
1925	Quijada, B.	<i>La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades.</i> 8ª Edición	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	Reimpresión de la edición de 1923
1925	Drathen, T.	<i>Compendio de la Teoría de la Evolución Orgánica para el uso de Colegios</i>	La Ilustración, Santiago de Chile	
1930	Vivanco Mora, H	<i>Algunos aspectos interesantes de la Teoría de la Evolución</i>	La Discusión, Chillán	

1930	Quijada, B.	<i>La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades. 10a Edición</i>	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	Reimpresión de la edición de 1923
1933	Panزارasa, V.	<i>La evolución orgánica: exposición y examen de las principales ideas evolucionistas</i>	Escuela Tipográfica La Gratitude Nacional, Santiago de Chile	
1934	Quijada, B.	<i>La teoría de la Evolución. 11ª Edición.</i>	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	Reimpresión de la edición de 1923
1936	Vivanco Mora, H.	<i>Elementos de Biología para el 6º año de Humanidades y la Teoría de la Evolución con la aprobación ministerial. 2ª. Ed</i>	Editorial Barros Borgoño, Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	
1936	Silva Figueroa, C.	<i>Biología e higiene. 6º año</i>	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	
1936	Ebel, G.	<i>Temas de Biología General. Conforme al programa de 1935. Sexto año de humanidades.</i>	Ed. Nascimento, Santiago de Chile	
1940	Silva Figueroa, C.	<i>Biología e higiene. 6º año</i>	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	
1952	Ebel, G.	<i>Biología general, higiene y temas de Biología conforme al programa vigente. Sexto humanidades</i>	Ed. Nascimento, Santiago de Chile	
1957	Silva Figueroa, C.	<i>Biología e higiene. 6º año</i>	Imprenta Universitaria, Santiago de Chile	Reimpresión de la edición de 1940
1960	Weiss, C. y A. Horvat	<i>Nociones de Biología. 6º año de Humanidades</i>	Editorial Salesiana, Santiago de Chile	
1965	Glavic, N. y L. Capurro	<i>Los grandes principios unificadores de la Biología. Texto de Biología para 6º año.</i>	Editorial Universitaria, Santiago de Chile	
1966	Jara, F.	<i>Biología: texto para el 6º año de Humanidades de acuerdo con el nuevo programa. 1ª edición</i>	Fondo Edit. Educ. Moderna, Stgo. de Chile	

1969	Jara, F.	<i>Biología: texto para el 6° año de Humanidades de acuerdo con el nuevo programa. 2ª edición</i>	Fondo Edit. Educ. Moderna, Santiago de Chile	Reimpresión de la edición de 1966
1973	Capurro, L.	<i>Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media</i>	Ed. Universitaria, Santiago de Chile	
1979	Horvat S., A. y C. Weiss R.	<i>Nociones de Biología. 4° año de enseñanza media. 9ª. Edición</i>	Ed. Salesiana, Santiago de Chile	
1979	Rojas, R.	<i>Prueba específica de Biología Edición 1979.</i>	Editorial Universitaria, Santiago de Chile	
1982	Glavic, N. y G. Ferrada	<i>Biología</i>	Ediciones Pedagógicas Chilenas, Santiago de Chile	
1983	Capurro, L.	<i>Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media</i>	Ed. Universitaria, Santiago de Chile	Reimpresión de la edición de 1973
1984	Almonacid, M. y O. Marín	<i>Biología</i>	Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción	
1985	Molina, M. y M. E. Zárate	<i>Biología 4° Medio. De acuerdo al programa vigente</i>	Editorial Universitaria, Santiago de Chile	
1985	Yánkovic, B.	<i>La Evolución Biológica</i>	Editorial Lo Castillo, Colección Apuntes. Santiago de Chile	
1986	Glavic, N. y G. Ferrada	<i>Biología 4° año Educación Media. Primera edición</i>	Ediciones Pedagógicas Chilenas, Santiago de Chile	
1989	Horvat S., A. y C. Weiss R.	<i>Nociones de Biología. 4° año de enseñanza media. 12ª. Edición</i>	Ed. Salesiana, Santiago de Chile	
1991	Glavic, N. y G. Ferrada	<i>Biología 4° año Educación Media. Sexta edición</i>	Ediciones Pedagógicas Chilenas, Stgo. de Chile	Reimpresión de la edición de 1986

1991	Lastra, M. C., S. Fernández, R. Cisternas y E. Hess	<i>Biología IV Medio</i>	Arrayán, Santiago de Chile	
1993	Arrayán	<i>Ciencias Naturales 6, 7ª ed.</i>	Arrayán Editores, Santiago de Chile	Para 6° año básico
1994	Hidalgo, U., J. M. Jeréz, V. Ramírez y D. Varela	<i>Ciencias Biológicas. Educación Media. Plan Común IV</i>	Santillana del Pacífico, Santiago de Chile	No cubre todo el tema.
1995	Hidalgo, U., J. M. Jeréz, V. Ramírez y D. Varela	<i>Ciencias Biológicas. Educación Media. Plan electivo III y IV</i>	Santillana del Pacífico, Santiago de Chile	
1997	Mundigo, I; C. Alarcón; D. Rougier y J. J. Candel	<i>Biología. Prueba de Conocimientos Específicos</i>	Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile	
1998	Glavic, N. y G. Ferrada	<i>Biología IV año Medio</i>	Dolmen Educación, Santiago de Chile	
1998	Jerez, V.	<i>Evolución Biológica: síntesis histórica y evidencias.</i>	Ministerio Educación, Mece Media, Santiago de Chile.	
2000	Castillo, C., S. De Andraca y C. Zan	<i>Estudio y Comprensión de la Naturaleza</i>	Arrayán Editores, Santiago de Chile	Para 6° año básico
2001	Flores, L., U. Hidalgo y D. Varela	<i>Biología Educación Media III</i>	Santillana del Pacífico, Santiago de Chile	
2001	Hidalgo, U. y D. Mora	<i>Naturaleza. Enseñanza Básica 8</i>	Santillana del Pacífico, Santiago de Chile	Para 8° año básico
2003	Montserrat, J.L., A. Contreras y E. Méndez	<i>Estudio y comprensión de la Naturaleza. 8° Básico</i>	Editorial Mare Nostrum, Santiago de Chile	Para 8° año básico



## 5. Estado del Problema

### 5.1. Estudios sobre presiones antievolucionistas en la enseñanza

Varios estudios demuestran la influencia de grupos religiosos o las presiones de grupos antievolucionistas que han llevado a reducir progresivamente o a tergiversar la enseñanza de la Biología evolutiva en los colegios, tanto en Estados Unidos (Skoog, 1979; Skoog, 1984; Siegel, 1984; Kenkel, 1985; Rosenthal, 1985; Beard, 1986; Zimmerman, 1991; Gillis, 1994; Scott, 1996), como en España (Barberá y Zanón, 1999; Barberá, Zanón y Pérez-Plá, 1999; De los Reyes, 2001; Querol, 2001) y Argentina (Braslavsky, 1995; Galmarini, 1995; Ojeda, 1995; Valerani, 2000). En cambio, en otros países se tergiversó la enseñanza del tema mezclándose los hechos biológicos con ideología política, particularmente en las naciones con regímenes marxistas, como la antigua Unión Soviética (Stoletov, 1951; Huxley, 1952; Majovko y Makarov, 1964, págs. 496-499; Lecourt, 1978; Joravsky, 1986; Swarts, Anderson y Swetz, 1994) y en la República Popular China (Swetz, 1986; Swarts, Anderson y Swetz, 1994).

### 5.2. Estudios sobre el evolucionismo en Chile

El tema ha sido poco estudiado, aunque existen algunas publicaciones en relación con la introducción del darvinismo en Chile (Fuenzalida, 1933; Marquez, 1982; Cruz-Coke, 1994). En 1972 se realizó en Texas un Congreso Internacional acerca de la “*Recepción comparada del darwinismo*” (Glick, 1974) y posteriormente, se abocaron a la recepción del darvinismo en Latinoamérica el “*Primer Coloquio sobre la recepción del Darwinismo en Iberoamérica: un estudio comparativo*” (Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999), que tuvo lugar en Cancún, México, en noviembre de 1997, patrocinado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y el “*Segundo Coloquio Internacional sobre Darwinismo en Europa e Iberoamérica*”, desarrollado durante los días 13 a 15 de septiembre 2001 en el Instituto Histórico Hoffmeyer del CSIC, en Jaraíz de la Vera (Cáceres), patrocinado por el CSIC en colaboración con la Junta de Extremadura (Puig-Samper, Galera y Ruiz, 2003).

Existen además varias otras publicaciones respecto a la recepción del darvinismo en España (Núñez, 1977; Glick, 1982; Cuello, 1982), y en otros países, tales como México (Moreno, 1984; Ruiz, 1991), Cuba (Pruna y García, 1989), Estados Unidos (Numbers, 1999).

Otro tema que se ha estudiado bastante, pero que está relacionado solamente en forma muy indirecta con el evolucionismo, es la estadía de Charles Darwin en Chile (Porter, 1909; Cuneo, 1927; Ossa Borne, 1933-1935; Yañez Bravo, 1941; Keller, 1959-1960; Yañez Bravo, 1960; Villalobos, 1960; Meehan, 1971; Villalobos, 1974; Yudilevich y Castro, 1996; Correa Sutil, 1996; Marks, 1997).

### 5.3. Análisis de textos de estudio sobre el tema evolutivo

Es importante el análisis de cómo los libros de estudio abordan el tema evolutivo, porque los textos de enseñanza de las Ciencias representan una base importante de conocimientos tanto para estudiantes como para profesores, son utilizados como la fuente de información primaria en las clases de ciencia (Harms y Yager, 1981; Stake y Easley, 1978; Jiménez, 1994) y es por lo tanto necesario que su contenido sea adecuado para las necesidades educativas (Meyer, Crummey y Greer, 1988). R. E. Yager (1983) registró que en Estados Unidos más del 90% de los profesores de ciencias utilizaban textos de estudio el 95% del tiempo y que generalmente el curriculum estaba guiado por un determinado texto.

En otros países, se han evaluado diferentes aspectos de los textos de estudio de ciencias, tales como su legibilidad (Carrick, 1982; Wright, 1982), su estilo (Strube, 1989), niveles cognitivos (Scruggs, 1988), elaboración de conceptos (Lloyd, 1990), organización (Lehrman, 1982), discriminación de género (Walford, 1981), productividad profesional de sus autores (Settlage y Barrow, 1992), y otros. En Estados Unidos se han producido fuertes críticas a los contenidos entregados por textos para la enseñanza de las Ciencias en el nivel medio (Budiansky, 2001; Raloff, 2001; Roseman, Kulm y Shuttleworth, 2001), lo cual llevó a la Asociación de Publicistas de ese país a establecer un sitio Web donde se reciben informes de errores evidentes en manual de estudio (<http://www.publishers.org/eline/index.cfm>).

En diversos países, investigadores han analizado los contenidos de libros de textos relativos a la evolución biológica, y han llamado la atención acerca de defectos e inexactitudes. En algunos textos de estudio no se consideran, se mencionan muy brevemente o se tratan de manera superficial, ciertos conceptos básicos de biología evolutiva, tales como variación, selección natural, adaptación, evolución, especiación, población, tiempo, azar, además suelen no considerar las ideas alternativas y proponen una escasa variedad de actividades (Jiménez, 1994; Jeffery y Roach, 1994; Linhart, 1997).

En algunos textos de estudio existen razonamientos deterministas y explicaciones teleológicas y antropocéntricas (Jiménez, 1994; González y Tamayo, 2000; Querol, 2001). En textos escritos por biólogos y otros expertos se encuentran implicaciones de intencionalidad (Halldén, 1988, pág. 542). Son escasas o faltan las conexiones entre la teoría evolutiva y los fenómenos que puede explicar (Jiménez, 1994; Linhart, 1997).

No se analizan, o solo se discuten superficialmente, los conceptos científicos de “hechos” y de “teorías”, y las relaciones entre la biología evolutiva y la religión (Rosenthal, 1985; Swarts, Anderson y Swetz, 1994). Según Nelio Bizzo (1994) en un texto de estudio básico de biología editado en Brasil se ejemplifica la adaptación evolutiva con los baños de sol que toman las personas, lo cual induce una confusión frecuente entre la adaptabilidad de los organismos y la adaptatividad evolutiva de las poblaciones (Bizzo, 1994, pág. 546). En libros de la ESO, Ayuso y Banet (1999) señalan otros errores: un lenguaje que contribuye a reforzar ideas lamarquistas o la supervivencia de los más fuertes, no relacionar el lamarquismo con las concepciones de los estudiantes ni el fijismo con el creacionismo actual, no asociar la genética con la evolución, no hacer mención alguna al sinteticismo, en algunos casos se presentan dudas respecto a si la evolución abarca a todos los seres vivos, o se distingue a la evolución humana de la de las otras especies.

#### 5.4. Estudios sobre el aprendizaje de la Evolución biológica

Hasta hace pocos años el aprendizaje de la evolución biológica fue relativamente poco investigado dentro de la comunidad de educadores del ámbito de las Ciencias (Good, 1992; Cummins, Demastes y Hafner, 1994, pág. 445), a pesar de que históricamente su enseñanza se ha dificultado por la fuerte oposición ejercida por movimientos extracientíficos en diferentes países, situación que no solamente influye sobre la enseñanza, también sobre la percepción pública acerca de la ciencia (Rudolph y Stewart, 1998, pág. 1070). Actualmente hay conciencia que la tarea más importante que deberá abordar una reforma educacional en el campo de la biología es cómo mejorar la enseñanza de la evolución (Nickels, Nelson y Beard, 1996). Por ello, afortunadamente, en la última década se ha incrementado considerablemente la actividad académica en relación con la enseñanza y el aprendizaje en este campo (Alters y Nelson, 2002, pág. 1891). Importantes organizaciones educacionales de Estados Unidos, el *American Institute of Biological Sciences*, y el *National Center for Science Education*, han realizado en los últimos años una serie de iniciativas para mejorar la enseñanza de la evolución biológica y han organizado para el año 2004 la realización de un simposio sobre la materia en la reunión anual de la *National Association of Biology Teachers* (Cracraft, 2004).

Varios estudios demuestran las grandes dificultades para aprender acerca de este tema que tienen estudiantes de diferentes edades, variadas culturas y diversos sistemas educacionales (Deadman y Kelly, 1978; Brumby, 1984; Clough y Wood-Robinson, 1985; Lawson y Thompson, 1988; Greene, 1990; Woods y Scharmann, 2001), y diversas investigaciones demuestran que el aprendizaje no mejora apreciablemente con los métodos de enseñanza tradicionales (Halldén, 1988; Bishop y Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Demastes, Settlage y Good, 1995). En cambio, se han obtenido mejores resultados con nuevas estrategias de enseñanza, especialmente diseñadas, como la comparación explícita de las ideas de diferentes corrientes evolutivas en discusiones grupales (Jiménez, 1992), la realización de mapas conceptuales (Trowbridge y Wandersee, 1994), realización de actividades de la investigación (Settlage, 1994; Demastes, Settlage y Good, 1995) o el enfoque histórico (Jensen y Finley, 1995; Jensen y Finley, 1996). Investigadores como Wandersee (1985), Clough y Wood-Robinson (1985), y Lawson y Weser (1990) plantean usar un plan de estudios históricamente rico asociado a resolución de problemas. Martín K. Nickels, Craig E. Nelson y Jean Beard (1996), proponen enseñar la evolución biológica estrechamente vinculada con la enseñanza de la naturaleza de la Ciencia.

## 6. Plan de Trabajo

Como marco general de referencia entregamos una revisión de antecedentes acerca del origen de la Biología y su enseñanza, del conflicto religioso que generó, la oposición a la enseñanza de la evolución y los principales hitos en la historia de la educación en Chile. Parte de esta información se resume organizada en forma cronológica junto con los hechos más significativos de la historia del evolucionismo y en relación con los textos revisados, en los cuadros 8 y 9 (Anexo: Cronología 1, Cronología 2). A partir del conocimiento del desarrollo de la enseñanza de la biología en Chile, nos planteamos como objetivo el desarrollar una propuesta para la enseñanza de la Evolución Biológica a nivel de Enseñanza Media. Conscientes de la envergadura y complejidad de esta tarea, optamos por analizar previamente las dificultades que enfrenta la enseñanza de la Evolución Biológica: las dificultades generales que se encuentran en la Enseñanza de la Ciencia, las dificultades particulares para la comprensión de la Teoría de la Evolución, las concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la evolución, la confusión entre el lenguaje científico y palabras del lenguaje común, el rechazo a la Evolución biológica por motivos religiosos y las dificultades asociadas al carácter científico de la Evolución Biológica.

Revisamos a continuación los modelos didácticos de enseñanza de las ciencias y los principales factores que favorecen el aprendizaje de las ciencias: la motivación, el trabajo grupal cooperativo, el papel del profesor, la organización de los contenidos, la estrategia modular, la dimensión Ciencia – Técnica – Sociedad y la consideración de las Inteligencias Múltiples.

Finalmente, revisamos los principales métodos de enseñanza de las ciencias (mapas conceptuales, razonamiento analógico, resolución de problemas, resolución de problemas asociados a la historia de las ideas científicas, trabajos prácticos, investigación, ciclo de aprendizaje) y las actividades propuestas por distintos autores consultados para la enseñanza de los diversos temas evolutivos: controversia entre Evolución y Creación, la Teoría de la evolución y la ciencia moderna, la historia de la ciencia evolutiva y del pensamiento científico, la historia de la ciencia evolutiva asociada a la resolución de problemas, microevolución, especiación, paleontología y evolución, adaptaciones, historia de la vida y evolución humana.

A partir de estos antecedentes, entregamos una propuesta para la enseñanza de la evolución, que si bien está concebida para la Enseñanza Media, puede adecuarse a otros niveles educativos. Está formada por módulos instruccionales independientes, formados por un texto introductorio y actividades para que desarrollen los alumnos. Su selección, secuencia y utilización pueden adaptarse a diferentes cursos, reduciendo o ampliando la información entregada. A modo de sugerencias, se entregan una pauta inicial de evaluación para identificar los conceptos previos que los alumnos tienen sobre la materia.



## **CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES GENERALES**

---

## **7. EL ORIGEN DE LA BIOLOGÍA Y SU ENSEÑANZA**

- 7.1. Contribución de la Historia Natural
- 7.2. Surgimiento de la Ciencia de la Biología
- 7.3. Inicios de la Enseñanza de la Biología moderna
- 7.4. Inicios de la Enseñanza de la Biología en Chile
- 7.5. La integración de la Biología en la enseñanza

## **8. LA OPOSICIÓN A LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y A SU ENSEÑANZA**

- 8.1. Los inicios del evolucionismo
- 8.2. El aporte de Charles Darwin
- 8.3. La acogida inicial del Darwinismo
- 8.4. Conflictos entre el Darwinismo y la Religión
- 8.5. Conflictos en torno al evolucionismo entre religiosos
- 8.6. Movimientos antievolucionistas modernos en Estados Unidos
- 8.7. El antievolucionismo fuera de Estados Unidos
- 8.8. Posiciones evolucionistas antirreligiosas
- 8.9. Hacia la superación del conflicto

## **9. LA INTRODUCCIÓN DEL DARVINISMO EN ESPAÑA Y LATINOAMÉRICA**

- 9.1. Introducción del darvinismo en España
- 9.2. Introducción del Darwinismo en Latinoamérica

## **10. PRINCIPALES HITOS EN LA HISTORIA DE LA EDUCACIÓN EN CHILE**

- 10.1. Período Colonial (1561-1810)
- 10.2. Período de Independencia (1810-1823)
- 10.3. Período de Anarquía (1823-1930)
- 10.4. Período Republicano (1931- )



## 7. ORIGEN DE LA BIOLOGÍA Y DE SU ENSEÑANZA

### 7.1. Contribución de la Historia Natural

Antes que existiese una verdadera Ciencia de la Biología, sus objetos de estudio eran analizados por la “*Historia Natural*”, descripción del conjunto de elementos que conforman la Naturaleza. Entre los siglos XVIII y XIX la mayoría de los estudios dedicados a los seres vivos se enmarcaron en ese ámbito, y sus autores se conocían como “*naturalistas*”. Se entendió por “*Historia Natural*” a la descripción del conjunto de seres o cosas que conforman la naturaleza. Para Buffon, aplicando el concepto riguroso de naturaleza, la Historia Natural incluía a todo el Universo; sin embargo con el uso se restringió al estudio de la naturaleza de nuestro planeta. La Historia Natural estaba formada por las Ciencias relativas a la Tierra (mineralogía, geología, geografía física) y las Ciencias de los seres vivos (botánica, zoología).

Puede considerarse que la Naturaleza en nuestro planeta está formada por gea (componentes abióticos, incluidos en la mineralogía, geología, geografía física), flora (componentes vegetales, estudiados por la botánica) y fauna (componentes animales, estudiados por la Zoología). Aunque los seres humanos pertenecemos al reino animal, formalmente no nos consideramos como parte de la fauna, por ello se suele agregar como otro componente de la naturaleza a la etnia (seres humanos, estudiados por la antropología física y la etnografía). La “*Historia Natural*” fue una especie de Ciencia general con hincapié en la supuesta maravillosa armonía existente en la Naturaleza, a partir de lo cual derivaba enseñanzas morales que constituían un entretenimiento inocente y virtuoso para el pueblo, para que utilizaran aceptablemente su tiempo libre (Barberá y Zanón, 1999, pág.85).

Las dos vertientes biológicas de la Historia Natural fueron la Zoología y la Botánica, que se dedicaron de preferencia a la búsqueda, inventario y clasificación de las especies de animales y vegetales respectivamente, así como a la descripción estática de sus estructuras, con énfasis en especies consideradas importantes para el ser humano. Incluía aspectos etológicos y ecológicos, en forma más bien anecdótica, así como de la distribución geográfica de las diversas especies. La Historia Natural aportaba conocimientos poco sistematizados, frecuentemente insuficientes. Además de la descripción y distribución de cada especie, los trabajos encuadrados en la Historia Natural entregaban informaciones acerca de sus usos, los mitos o creencias indígenas sobre ellos, y describían algunas de sus costumbres o hábitos, considerados curiosos, descritos a menudo en un lenguaje más literario que científico, incluso intercalando anécdotas.

Este estilo, que se inicia en la obra del Conde de Buffon, se mantuvo en gran parte de los estudios dedicados a la fauna latinoamericana escritos en los siglos XVIII y XIX, incluso algunos hasta mediados del siglo XX. Un ejemplo típico de estas publicaciones de Historia Natural es “*Aves del Valle de México*”, de Manuel M. Villada (1869-1870) donde se lee: “*La proximidad de la primavera la anuncia el zenzontli con su melodioso canto: al llegar, es saludado por el zorzal que descende de los montes a la llanura, y por el gracioso colibrí que comienza a libar el néctar de los cactus*” (citado por Ruiz, 1991, pág. 17).

## 7.2. Surgimiento de la ciencia de la Biología

Si bien los animales y vegetales han sido estudiados desde tiempos inmemoriales, la Biología como Ciencia es relativamente reciente. La palabra “*Biología*” fue acuñada por Karl Friedrich Burdach (1776-1847) en el año 1800 (Smith, 1977), pero con un significado diferente al actual, refiriéndose inicialmente al estudio del hombre desde el punto de vista zoológico y fisiológico (Richards, 1998).

En 1801, en su “*Hydrogeologie*”, el primer gran autor de una teoría sobre la evolución biológica, Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) propuso el término *Biología* con un sentido moderno, para una Ciencia en ese entonces inexistente, que se preocuparía de los caracteres comunes a los diferentes organismos. Refiriéndose a los seres vivos, expresa: “*En efecto, ofrecen en sí mismos, y en los diversos fenómenos que representan, el material para una Ciencia particular que no se ha fundado todavía, que incluso ni tiene nombre, algunas de cuyas bases he propuesto en mi filosofía zoológica, y que llamaré Biología*” (Lamarck, 1816-1817, *Caracteres essentiels des animaux et des végétaux*, pág. 3-2, reproducida por Vachon, Rousseau y Laissus, 1972, págs. 284-285). Según Lamarck, la naturaleza puede ser objeto de estudio de tres Ciencias: la meteorología, que se preocupa de la envoltura gaseosa del planeta Tierra; la hidrogeología, que estudia su costra exterior, primitivamente líquida y hoy parcialmente solidificada, y la Biología, centrada en los seres vivos que la pueblan.

El término “*Biología*” fue acuñado independientemente por otro evolucionista, casi simultáneamente con Jean Lamarck. Entre 1802 y 1822 se publicó una monumental obra en tres volúmenes del científico alemán Gottfried Reinhold Treviranus (1776-1837), titulada “*Biologie oder Philosophie de Lebended Natur*” (“*Biología o Filosofía de la Naturaleza viva*”), en la que se entregan también claras opiniones evolucionistas predarwinianas.

Gottfried Treviranus manifiesta ideas similares a las de Jean Lamarck y de Georges Louis Leclerc conde de Buffon (1707-1788), porque dio importancia a la influencia de los cambios ambientales, y a las de Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), al pensar que las especies pasan, como los individuos, por períodos del crecimiento, desarrollo, y declinación (Huxley, 1878; Sully, 1878). Opinaba en esta obra que la transformación real de las especies a lo largo del tiempo se observa en el depósito progresivo de restos fósiles, con los organismos más simples en las capas más bajas (Richard, 1998, pág. 62).

El notable biólogo inglés Thomas Henry Huxley (1825-1895), amigo y defensor de Charles Darwin (1809-1882), reivindicaba al frecuentemente olvidado Treviranus como iniciador del evolucionismo. Expresa: *“Y es difícil decir si Lamarck o Treviranus tiene la prioridad en la proposición de la tesis principal de la doctrina de la evolución; porque aunque el primer volumen de la "Biologie" de Treviranus apareció solamente en 1802, él dice, en el prefacio del último trabajo suyo, "Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens, fechado 1831, que él escribió el primer volumen de su "Biologie" "hace unos 35 años", cerca de 1796”* (Huxley, 1878, págs. 748).

El término “Biología” se difundió gracias al *“Curso de Filosofía Positiva”*, obra de Auguste Comte (1798-1857) que se publicó entre 1830 y 1842. Comte incluyó a la Biología entre las seis Ciencias puras, y le dio un carácter evolucionista, manifestando que investiga todas las formas de vida, y abarca la jerarquía de estos seres, cada vez más complicada y elevada, se familiariza con los modos que regulan la manifestación de los fenómenos vitales, se ocupa en precisar la relación constante que existe entre la estructura anatómica y la función, presenta las facultades cada vez más superiores, y combinando la consideración del órgano y de las facultades disputa a la Metafísica el estudio del hombre intelectual y moral. El filósofo August Comte fue uno de los que más contribuyeron a la idea de una evolución progresiva (Delfgaauw, 1966, pág. 53).

En la segunda mitad del siglo XIX se produjo la unificación de la Biología, dando lugar a la Ciencia que pensaba Jean Lamarck, por el surgimiento de tres grandes generalizaciones biológicas: teoría celular (completada por Rudolph Virchow en 1858), teoría de la evolución biológica mediante selección natural (de Charles Darwin y Alfred Russell Wallace, presentada conjuntamente en 1858) y teoría de la herencia particulada (expuesta por Johann Gregor Mendel en 1865). Jean Lamarck fue precursor de dos: en 1809 estableció la importancia de las células para los organismos vivos (Cohn, 1966) y expuso su teoría transformista, negando la inmutabilidad de las especies y desarrollando la explicación científica causal de la evolución conocida como lamarquismo.

Según Michael Ruse (1979, pág. 10) “*no cabe apenas duda de que la moderna Biología data de 1859, fecha en la que Charles Darwin publica su obra El origen de las especies*”. La Biología moderna surgió entre 1828 y 1866 (May 1998, pág. 127), con las investigaciones embriológicas de Karl Ernst Von Baer (1792-1876), citológicas de Mathias Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810- 1882), fisiológicas de Johannes Muller (1801-1858), Justus Von Liebig (1803-1873), Hermann Helmholtz (1821-1894), Emil Dubois-Reymond (1818-1896) y Claude Bernard (1813-1878), genéticas de Johann Gregor Mendel (1822-1884) y biogeográficas y evolutivas de Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russell Wallace (1823-1913). En la medida en que la Historia Natural fue adoptando las características de una Ciencia moderna, dio origen a la Sistemática, a la Biología comparada, la Ecología y la Biología evolutiva (Mayr 1998, pág. 125).

### 7.3. Inicios de la enseñanza de la Biología moderna

Una de las primeras iniciativas conocidas en el campo de la enseñanza de las Ciencias fue el intento de incluirlas en las escuelas primarias británicas por parte del Reverendo Charles Mayo (1792-1846), que entre 1819 y 1821 fue capellán de escuela. De vuelta de una entrevista con Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827), motivado con la idea de introducir en Inglaterra los métodos y los principios de su maestro, instaló con su hermana Elizabeth Mayo (1793-1865) una escuela privada en Epsom y posteriormente en Cheam, Surrey (Goodson, 1995). Tuvieron gran acogida sus “*Lessons on Objects*” (1831), para niños de seis a ocho años, y “*Lessons on Shells*” (1832), para niños de ocho a diez años. Estas lecciones buscaban promover hábitos de observación exacta, descripción correcta y juicio justo sobre objetos de la naturaleza y el arte, con el objetivo de comprensión religiosa y mejoramiento moral.

A principios del siglo XIX, las principales disciplinas científicas que se enseñaban en Gran Bretaña eran las ciencias de laboratorio, esto es física y la química, seguidas en popularidad por la Botánica y la Zoología, siendo en aquel tiempo la Biología una disciplina apenas identificable. El modelo de las ciencias de laboratorio produjo la percepción utilitaria de la enseñanza de las Ciencias, lo que las consolidó. Se afirmó que solamente se apoyarían la botánica y la zoología “*en la medida en que contribuyeran a fines útiles, como el exterminio de los insectos destructivos para la madera apilada en los muelles*” (Goodson, 1995, pág. 134). A través de todo el siglo XIX, estuvo limitada la enseñanza de estas Ciencias, pero mientras declinaba la botánica como disciplina escolar, comenzó a enseñarse Biología en algunas escuelas.

Los biólogos evolucionistas fueron quienes impulsaron la enseñanza de la Biología moderna integrada, con enfoque de ciencia de laboratorio. El inglés Thomas Henry Huxley (1825-1895), ya mencionado, fue quién primero insistió en que no deberían enseñarse la botánica y la zoología por separado, sino que es preferible hacerlo en forma de una Biología unificada (Bonner, 1995). En 1858, Thomas Henry Huxley presentó con el filósofo evolutivo Herbert Spencer (1820-1903) los primeros programas de Biología integradora de los antiguos cursos de zoología, botánica y fisiología. En 1875, Thomas Henry Huxley publicó con su discípulo Henry Martin el libro “*A Course of Practical Instruction in Elementary Biology*”, el primer texto de estudio que consideró a la evolución biológica en un currículum de Biología general integrada y defendió a la Biología como una Ciencia de laboratorio. Años más tarde, en 1929, se publicó “*The Science of Life*”, otro libro que recoge esta tradición, escrito por su nieto, el igualmente famoso biólogo evolucionista Sir Julian Sorell Huxley (1887-1975), junto con el escritor Herbert George Wells (1866-1946), que había estudiado Biología y había sido discípulo de Thomas Henry Huxley, y con su hijo, George Philip Wells (1901-?). Este influyente compendio que popularizó la Biología desde el punto de vista evolutivo, fue traducido a los diversos idiomas, incluido el español (Huxley, Wells y Wells, 1958). El eminente biólogo evolucionista John Tyler Bonner relata que decidió dedicarse a la Biología tras leer un ejemplar de dicha obra, que le había regalado su padre (Bonner, 1995).

El desarrollo de la enseñanza de la Biología en Inglaterra fue muy lento, hasta las primeras décadas del siglo XX. En 1885 se introdujeron los exámenes de Biología en Oxford y Cambridge. Hacia 1911, se había reconocido a todos los College públicos británicos como instituciones para la formación científica preclínica de los estudiantes de Medicina que querían conseguir el diploma del Consejo Conjunto del Real Colegio de Médicos y Cirujanos. En 1918 se formó el “*Comité para la investigación de la posición de las Ciencias Naturales en el Sistema Educativo de Gran Bretaña*”.

La enseñanza de la Biología fue descuidada hasta fines de la década de 1920, cuando se toma conciencia del papel utilitario de las ciencias biológicas en la aplicación y explotación de la pesca, agricultura, silvicultura y medicina. Defendieron la enseñanza de la Biología el informe “*Educación del Adolescente*” (1926), el Informe Chelmsford “*Educación y provisión de biólogos*” (1932), el *Comité Consultivo sobre Educación Secundaria* (1938) y el informe del *Comité del Tribunal de Exámenes de las Escuelas Secundarias* (1943). En 1931, ocho tribunales de examen habían adoptado la Biología como examen de certificado escolar.

En 1938, el Consejo Nacional para el Control de las Enfermedades Venéreas realizó una publicación para fomentar el desarrollo de la enseñanza biológica, que se tituló inicialmente “*Biology*”, y después de 1942, “*Biology and Human Affairs*” (Goodson, 1995, pág. 142).

En Estados Unidos, tal como había ocurrido previamente en Inglaterra, se enseñó inicialmente “*Historia Natural*”, luego Botánica y Zoología y finalmente comenzó la enseñanza de la Biología. Entre 1896 y 1890, la mayoría de las escuelas enseñaban Botánica y Biología humana (fisiología, anatomía, higiene), menos del 50% enseñaban Zoología y solamente un 10% ofrecían cursos de Biología. La Biología surgió en las escuelas masivamente entre 1900 y 1925, por influencia del libro ya mencionado, “*A Course of Practical Instruction in Elementary Biology*”, de Thomas Henry Huxley y Henry Martin. En 1908, el 26,5% de las escuelas secundarias estadounidenses ofrecían un curso de Biología, 1923 habían aumentado al 83,8%. En 1925 la biología tenía un alto estatus académico y se percibía como ciencia experimental rigurosa (Goodson, 1995, pág. 139).

En Alemania y Francia hacia el tercio final del siglo XIX se logró establecer la biología experimental, integradora de temas antiguamente inconexos. En España se aprobó en 1857 la primera ley sobre educación, la Ley Moyano, que asume la importancia de los libros de texto escolares, para cuya edición y distribución establece una serie de condiciones (Querol, 2001, pág. 16). El primer texto de estudio con enfoque integrador en España fue “*La Biología General*”, publicado en 1877 por el Dr. Peregrín Casanova Ciurana (1849-1919), Catedrático de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valencia desde 1875. Había estudiado con Ernst Haeckel, con quien intercambiaba correspondencia y su texto presentaba una clara influencia haeckeliana (Núñez, 1977, pág. 38; Glick, 1982, págs. 17-18; Barberá y Zanón, 1999, pág. 86). Sin embargo, la mayoría de los textos españoles estaban estancados en el creacionismo bíblico, debido al peso de las tradiciones, y por sus críticas a las ideas transformistas, hasta la Ley General de Educación de 1970 (De los Reyes, 2001).

#### 7.4. Inicios de la enseñanza de la Biología en Chile

En Chile, como en otros países occidentales, la enseñanza de la Biología surgió bajo la forma de temas separados de Zoología, Botánica, e “Higiene”. Esta última comprendía la anatomía y fisiología humanas básicas, con enseñanzas orientadas a prevenir enfermedades. Un antiguo texto de Ciencias, “*Nociones elementales de Ciencias con aplicación a la Higiene, Industria y Agricultura*”, del que no se consigna el año de edición, perteneciente a la Colección H. E. C., de la Procuraduría “*Escuelas Cristianas*”, se divide en cinco partes (H.E.C., s/a).

La primera parte, “El hombre, los animales, las plantas”, incluye los reinos de la naturaleza, el hombre y los distintos aparatos y sistemas (digestión, circulación, respiración, asimilación, desamiliación, movimiento, sistema nervioso, sentidos). La segunda parte, “Los animales”, se divide en clasificación, aves, reptiles, batracios y peces, moluscos, animales útiles. La tercera parte, “Los vegetales”, incluye la planta, la flor, clasificación de las plantas, plantas útiles, plantas nocivas. La cuarta y quinta partes incluyen respectivamente nociones de física y química.

En las nociones preliminares, el texto de estudio *“Nociones elementales de Ciencias con aplicación a la Higiene, Industria y Agricultura”* se refiere a los reinos de la naturaleza: *“Todos los seres naturales pueden agruparse en una de estas tres divisiones que son los reinos de la naturaleza. El reino mineral comprende las piedras y rocas, los metales y sus compuestos, el agua, el aire, la tierra, etc. El reino vegetal comprende todas las plantas y los árboles, desde los gigantes de las selvas hasta las plantas microscópicas que viven y se multiplican en el agua, en la superficie de las piedras, en la corteza de los árboles. Al reino animal pertenecen los animales de todas las clases y formas: mamíferos, aves, reptiles, peces, etc., hasta los más ínfimos gusanillos e insectos. Por encima de todo este conjunto de seres se coloca el hombre que, si bien por su cuerpo se parece a los animales superiores, por su alma espiritual, libre, inmortal, es la imagen de Dios, Criador, Conservador y Soberano Señor del cielo y de la tierra”* (H.E.C., s/a, pág. 6). El texto tiene una clara orientación práctica y moral. Junto con la digestión se mencionan los alimentos y bebidas, y en este contexto se refieren a temas como las aguas contaminadas y su esterilización, fermentaciones, infecciones, exceso de comida o glotonería, alcoholismo, efectos del alcohol sobre las facultades del alma.

En 1899, el Dr. Federico Johow implantó un nuevo Programa de Botánica, Zoología, Biología e Higiene, para la enseñanza media. De acuerdo con lo expuesto en aquel documento, en primero, segundo, tercero y cuarto año se dedicaban dos horas semanales a la enseñanza de Historia Natural (Botánica y Zoología) y en quinto y sexto año dos horas semanales a Biología e Higiene. Se dedicaban dos horas semanales para Ciencias Naturales (Botánica y Zoología) en primero, segundo, tercero y cuarto años. En quinto y sexto años las dos horas semanales se dedican a Biología e Higiene. En quinto año, la Unidad de Biología correspondía a “Elementos de histología vegetal y animal y de fisiología vegetal”, la Unidad de Higiene a “Anatomía y Fisiología del hombre”. En sexto año, la Unidad de Biología correspondía a “Teoría de la Evolución”, la de Higiene a “Elementos de Higiene”. Los contenidos de Evolución Biológica se organizaban en tres temas: “Reseña histórica de las teorías establecidas sobre el origen de las especies desde Linneo hasta Darwin”, “Pruebas del transformismo y de la eficacia de la selección natural” y “Defectos y variación de la teoría darwiniana”.

En setenta años los contenidos no cambiaron sustancialmente, porque en 1959, en tres cursos sucesivos (primero, segundo y tercer año de humanidades) se enseñaba en Chile paralelamente Zoología, Botánica e Higiene (anatomía y fisiología humanas), luego en cuarto, quinto y sexto año se desarrollaban temas de Biología animal e Higiene, y en sexto año se agregaban “temas de Biología” (citología, genética y evolución), como puede comprobarse en la lista de los textos anunciados como parte del “*Curso de Ciencias Naturales*” de la editorial Nascimento, de Santiago, en la contratapa de sus libros (por ejemplo, en Quijada, 1959). El principal cambio se experimentó en los contenidos de Biología, con el reemplazo de “*Elementos de histología vegetal y animal y de fisiología vegetal*” por citología y genética.

En Chile hubo una transición hacia una mayor integración de los contenidos biológicos: durante décadas convivieron en los currícula la Zoología, Botánica e Higiene con “temas de Biología” (evolución, genética o citología), pero un notable intento de integración se encuentra en el texto “*Lecciones de Biología*”, para el cuarto año de humanidades publicado en 1939 por Carlos Yañez Bravo (1899-?), que de acuerdo con su autor, se trata de apuntes que “*pueden servir como un medio de divulgación de los fenómenos biológicos más importantes de la vida del hombre, de los animales y de las plantas*” (Yañez Bravo, 1939, pág. 4).

La primera parte se refiere a la “Biología en General”: definición de Biología, capítulos de la Biología, caracteres generales de los seres vivos, diferencias entre plantas y animales, constitución de los seres organizados, concepto de célula, partes de la célula, fisiología celular, funciones primordiales de la vida y funciones de la nutrición. La segunda sección aborda la “Biología animal”: digestión, absorción, respiración, circulación, excreción. La tercera parte incluye la “Biología vegetal”: absorción, asimilación, respiración, circulación, transpiración. Finalmente incluye prácticas relativas a las materias tratadas anteriormente.

En esa época la evolución y la genética se estudiaban en un curso posterior (sexto humanidades), de modo que se centra en “la nutrición animal y vegetal”. Sin embargo, se refiere al origen común de animales y vegetales como comentario a las dificultades de diferenciar a los reinos (Yañez Bravo, 1939, pág. 14).



## 7.5. La integración de la Biología en la enseñanza

La integración completa de las Ciencias Biológicas, con la simultánea desaparición de los currícula escolares que incluían Zoología y Botánica, se produjo en los países occidentales a partir de fines de la década de 1950, consolidándose en la década siguiente, por influencia del proyecto curricular norteamericano BSCS (Barberá y Zanón, 1999).

El lanzamiento del primer satélite artificial, Sputnik I, por parte de la entonces Unión Soviética en 1957, produjo pánico y estimuló en Norteamérica la proposición de reformas educativas en el campo de las Ciencias, con el fin de evitar una posible inferioridad futura en la capacidad científica y tecnológica frente a los soviéticos. Este hecho produjo inquietud en los educadores y legisladores norteamericanos, quienes diagnosticaron que la educación científica estaba atrasada y promovieron la renovación de la enseñanza de las Ciencias.

Una de sus consecuencias fue la innovación de los programas escolares (Bruner, 1963; Strickberger, 1993, pág. 59; Scott, 1996a; Numbers, 1999, pág. 4). En la misma época, organizaciones de Gran Bretaña, entre ellas el *Scottish Education Department* y la *Association for Science Education*, manifestaron igual necesidad de renovación del programa de estudio en Ciencias. A partir de esta inquietud se inició en 1962 el *Nuffield Science Teaching Project* (Plan Nuffield para la Enseñanza de las Ciencias) de la Fundación Nuffield. Entre las innovaciones para impulsar una enseñanza renovada de las Ciencias en Estados Unidos se consideró la elaboración de nuevos libros de textos de enseñanza secundaria. El gobierno de los Estados Unidos, a través de la Fundación Nacional de Ciencias, impulsó la formación de grupos de trabajo con la cooperación de científicos profesionales para elaborar manuales modernos de Ciencias en el nivel de enseñanza secundaria.

En septiembre de 1959 se reunieron en Woods Hole, Cabo Cod, hombres de Ciencia, educadores y eruditos en una conferencia convocada por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (Bruner, 1963). Allí se creó el grupo de Estudio de Planes para las Ciencias Biológicas (*Biological Sciences Curriculum Study*), BSCS, que en 1963 renovó la enseñanza de la Biología con la elaboración de varios textos de estudio, enfatizando aspectos tales como el trabajo de laboratorio y los contenidos de Biología molecular, de ecología y de evolución biológica. Inmediatamente reaccionaron los religiosos fundamentalistas (Newell, 1985, págs. 10-11), que ese mismo año organizaron la *Creation Research Society*, a través de la cual publicaron su propio texto de estudio de Biología (Moore y Slusher, 1970).

## 8. LA OPOSICIÓN A LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y A SU ENSEÑANZA

### 8.1. Los inicios del Evolucionismo

Durante la mitad del siglo XIX, la ciencia europea asumió que la naturaleza es inestable, que se encuentra en un estado de cambio permanente, y muchos científicos aceptaron la idea de un desarrollo histórico asociado al progreso. Filósofos y luego naturalistas, como Benoit de Maillet (1656-1738), Erasmus Darwin (1731-1802), Gottfried Reinhold Treviranus (1776-1837), George Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) y Jean Baptiste Monet, caballero de Lamarck (1744-1829), habían introducido previamente estas ideas, en forma un tanto vaga y a veces contradictoria, en relación con el origen de los seres vivos. En este contexto, Charles Darwin (1809-1882) elaboró su gran sistema evolutivo, no solo acumulando una gran cantidad de información que demostró la realidad del proceso evolutivo, sino proponiendo además un mecanismo lógico, simple y comprobable para explicar este proceso.

### 8.2. El aporte de Charles Darwin

Charles Darwin manifestó sus ideas respecto a la evolución biológica en la Sociedad Linneana de Londres, donde el 1 de julio de 1858 se leyó su trabajo "*On the Tendency of Species to Form Varieties, and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Selection*", que el 20 de agosto siguiente fue publicado en los *Journal of the Proceedings* de dicha Sociedad. El 24 de noviembre de 1859, Charles Darwin realizó una nueva formulación pública de la teoría de la evolución mediante selección natural, al salir a circulación su libro "*On the origins of species*" ("*El Origen de las especies*"), cuya primera edición constaba de 1.250 copias. Se produjeron de inmediato variadas reacciones, incluyendo fuertes enfrentamientos.

La visión darviniana influyó sobre la concepción del mundo, revolucionando no solo a la Biología, sino que afectó también a otras áreas de la actividad intelectual, como la historia, sociología, antropología, economía, política, filosofía, psicología, pedagogía, lingüística, literatura, criminología, etc. (Radl, 1988a, págs. 159-173; Torres, 1995, págs. 122-125; Strickberger, 1993, pág. 51).

El ambiente que se generó inmediatamente en los círculos científicos tras la publicación de *“El origen de las especies”* queda claramente de manifiesto en una carta que envió Charles Darwin a Alfred R. Wallace a principios de 1860, en la que relata: *“Sedgwick y el profesor Clark me atacaron cruelmente en la Sociedad Filosófica de Cambridge, pero Huxley me defendió bien, aunque no del todo correctamente; Philips se me echó en seguida encima en las Conferencias de Cambridge, Sir V. Jourdain en la Nueva Revista Filosófica de Edimburgo, Wollaston en los Anales de Historia Natural, A. Murray, en la Sociedad Real de Edimburgo; Haughton en la Sociedad Geológica de Dublín, J. Dawson en la Revista del Natralista del Canadá, y muchos otros. Pero todos estos ataques sólo sirven en definitiva para fortalecerme y templarme para la lucha. Agassiz me remite una carta personal y al mismo tiempo me ataca incesantemente, pero Asa Gray se bate como un héroe en mi defensa y Lyell se mantiene firmemente como una fortaleza...”* (reproducido por Platonov, 1963, pág. 347). Según Robert E. D. Clark (1967, pág. 63) *“el mundo científico también estaba casi enteramente contra el “Origen”. En sus últimos años, T. H. Huxley, hablando del año 1860, describió la situación diciendo que los partidarios de las opiniones de Darwin, eran extremadamente insignificantes en número. No hay la duda más leve que si se hubiese sostenido un consejo general de la iglesia científica en aquella, habría sido condenado por un mayoría abrumadora”*.

### 8.3. La acogida inicial del darvinismo

En la Inglaterra victoriana hubo una buena acogida de las ideas de Darwin sobre la Selección Natural en ciertos sectores que interesadamente tergiversaron este proceso, transformándolo en un *“darwinismo social”*, que planteaba que la *“superviviencia del más fuerte”* gobierna tanto a los organismos vivos como en la lucha por ventajas económicas o la hegemonía política en la sociedad humana, justificando la supremacía natural de la raza blanca sobre otros seres humanos y la explotación o el exterminio de las *“razas inferiores”* que habitaban en parte del Imperio Británico (Harper, 1977).

Sin embargo, en Inglaterra y en Alemania se produjeron las controversias mas estruendosas en torno al evolucionismo/creacionismo (Papp, 1977, pág. 235). El principal y más entusiasta difusor del evolucionismo en Alemania fue Ernst Haeckel (1834-1919), quien lo combinó con el anticlericalismo, el patriotismo militarista y fantasías sobre la pureza racial (Miller, 1995, pág. 182). En 1864, Ernst Haeckel enviaba a Charles Darwin su lección pública sobre la teoría de la selección natural y le informaba acerca del progreso de la idea acerca de la evolución biológica en los círculos científicos alemanes.

A fines de esa década las ideas darvinistas fueron incorporadas por el profesor de botánica de la Universidad de Friburgo, Julius Sachs (1832-1897), en su *“Manual de Botánica”*, por Wilhelm Hofmeister en su *“Morfología general de las plantas”* y por el zoólogo y anatomista Carl Gegenbaur (1826-1903) en la segunda edición de su *“Fundamentos de Anatomía Comparada”* (Alonso, 2002, pág. 94). El famoso patólogo y naturalista alemán Rudolph Virchow (1821-1902) pronunció un discurso en la reunión anual de la Sociedad Alemana de Naturalistas y Médicos, el 22 de septiembre de 1877, en la que denunció que mediante la falsa idea del origen de las especies por selección natural, Charles Darwin estaba propagando las ideas socialistas. *“Qué loca idea prevalece al parecer en Alemania, ¡relacionando el socialismo con la evolución por selección natural!”*, escribe Charles Darwin en una carta (De Beer, 1961, pág. 330). Sin embargo, pronto se impuso en Alemania entre los antievolucionistas la moda de insultar a Ernst Haeckel y no a Charles Darwin, conocido por su moderación (Darwin, 1977, vol. 2, pág. 383).

El evolucionismo penetró en Francia durante el período 1870-1880. El primer curso sobre evolucionismo en la Sorbona fue impartido por Alfred Giard (1846-1908), recién en 1888 (Templado, 1974, pág. 97; Bowler, 1985, pág. 128). Los investigadores franceses más influyentes eran Claude Bernard (1813-1878) y Louis Pasteur (1822-1895), ambos antievolucionistas. El geólogo Élie de Beaumont (1798-1874) calificó al darvinismo de *“Ciencia espumajosa”*, el zoólogo Emil Blanchard (1819-1900) trató a Charles Darwin de *“aficionado”* y el fisiólogo Pierre Jean Marie Flourens (1794-1867), secretario perpetuo de la Academia de Ciencias, opinó que el evolucionismo darviniano *“no es tal sino una cantidad de hipótesis y asertos completamente gratuitos, y a menudo evidentemente erróneos”* (citado por Alemañ, 1996, pág. 23). En otro pasaje, Pierre Jean Marie Flourens escribe refiriéndose a *El Origen de las Especies*: *“No es posible dejar de impresionarse ante el talento del autor. ¡Pero que ideas oscuras y falsas! ¡Que jerga metafísica lanzada a voleo en la Historia Natural, que cae en las galimatías desde el momento que sale de las ideas claras y justas! ¡Que lenguaje pretencioso y vacío! ¡Que personalismos tan pueriles y anticuados! ¡Oh, lucidez, oh solidez del espíritu francés, ¿en qué te conviertes?”* (citado por Prenant, 1940, pág. 102).

El médico y filólogo Emilio Littré (1801-1884), el naturalista Edmond Perrier (1844-1921) y el anatomista y embriólogo Mathias Marie Duval (1844-1907) fueron darvinistas, Paul Broca (1824-1880) fue un evolucionista no darviniano. En 1871, cuando Emilio Littré, principal defensor de Darwin en Francia, fue elegido miembro de la Academia Francesa, el Obispo de Orleans Felix Antoine Dupanloup (1802-1878) abandonó su sillón. Según Márquez (1982), Emilio Littré fue denostado, tratado de ignorante y zaherido por su presencia física.

Alrededor del año 1900 Alfred Giard (1846-1908) y su escuela acentuaron la polémica y lograron el triunfo del evolucionismo en Francia, con una fuerte dosis de lamarquismo (Prenant, 1940, pág. 105-106), aunque un número importante de biólogos franceses seguía ignorando o rechazando la idea de la evolución (Bowler, 1985, pág. 124).

#### 8.4. Conflictos entre el Darwinismo y la Religión

El mayor impacto se produjo sobre la religión. La selección natural, conceptualizada como agente mecánico de la formación de las especies y origen de sus adaptaciones, entró en conflicto con las enseñanzas cristianas, porque de acuerdo con algunas opiniones, eliminó la necesidad del designio divino, desechó el argumento del diseño como prueba de la existencia de un Dios Todopoderoso capaz de dar consuelo y significado a la vida, rebajó el estatus del ser humano desde su valoración como hijo de Dios a la de un eslabón en el reino animal, destacó la destrucción de los inadaptados, mecanismo ciego al dolor y ajeno a la compasión, anuló el resguardo de la felicidad humana mediante intervenciones milagrosas, desechó la ilusión de vida eterna, se percibió como justificación del dominio de los fuertes, y sugirió que virtudes humanas como los códigos morales, altruismo o creatividad artística surgieron solo por su contribución a la supervivencia (Torres, 1995, pág. 23; Dennett, 1999). Inmediatamente estalló el conflicto con las autoridades religiosas.

Según el jesuita y catedrático de Geofísica Agustín Udías Vallina, la obra de Darwin *“fue acogida con recelo y rechazo en los ambientes eclesiásticos, que veían en ella un ataque a la religión”* (Udías Vallina, 1993, pág. 8). Francisco Pelayo (2001, pág. 146) describe gráficamente: *“Confusos por lo inesperado y enfurecidos por las implicaciones que se desprendían de la teoría de la evolución, los teólogos de todas las religiones del mundo occidental respondieron en revistas, sermones, libros, panfletos, circulares, etc., atacando en un principio a Darwin de forma despiadada. Sumándose las poderosas jerarquías eclesiásticas a la campaña de desprestigio orquestada desde las instancias más conservadoras, llegó un momento que todo fue válido para desacreditar a Darwin, el escarnio, la mofa, la caricatura, el desprecio, considerando a él y sus partidarios como simples charlatanes”*.

En 1858, el sacerdote anglicano y ornitólogo Henry B. Tristram (1822–1906) mostró sus estudios sobre aves del Sahara al zoólogo Alfred Newton (1829-1907), quien posteriormente fue profesor de Zoología en Cambridge. En ellos se demostraban variaciones graduales intrapoblacionales en coloraciones, tamaños y forma de los picos en alondras y otras especies.

Cuando en 1859 se publicaron los artículos sobre la evolución mediante selección natural de Charles Darwin y Alfred Russell Wallace en el *Journal of the Proceedings of the Linnean Society*, Alfred Newton adhirió a las nuevas ideas, comprendió que explicaban ciertas variaciones que él había estudiado y los resultados de Tristram, a quién le envió el *Journal*. En octubre de 1859, Henry Baker Tristram publicó un artículo sobre las aves del Sahara en la revista *Ibis*, interpretándolos de acuerdo con la selección natural. Se transformó así en el primer científico que publicaba un trabajo de acuerdo con el nuevo paradigma. Explicó la coloración de las alondras, similar a la del suelo, como adaptativa para eludir a los depredadores, y la forma y dimensiones de los picos en relación con los tipos de alimento. Sin embargo, tras presenciar en 1860 el debate entre Thomas H. Huxley y el obispo Samuel Wilberforce, el sacerdote Henry Baker Tristram se hizo antidarvinista durante el resto de su vida, a pesar de los intentos de Alfred Newton para reconvertirlo al evolucionismo (Cohen, 1985a, Cohen, 1985b).

Es muy conocido el fuerte debate producido en Oxford en la asamblea anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia el 30 de junio de 1860, con motivo de la presentación oficial de *“El Origen de las Especies”*. En esa oportunidad se enfrentaron el obispo anglicano antievolucionista Samuel Wilberforce (1805-1873), conocido como *“Sam el Jabonoso”*, aparentemente asesorado por el anatomista Richard Owen (1804-1892) - y el biólogo Thomas Henry Huxley (1825-1895), a quién se apodaba *“el bulldog de Darwin”*, por su fuerte defensa del evolucionismo (Prenant, 1940, págs. 91-92; Wendt, 1958, pag. 274; Hardin, 1961, págs. 92-93; Dart y Craig, 1962, pág. 44; Hemleben, 1971, pág. 125-126; Montero, 1978, págs. 102-104; Lucas, 1979; Moorehead, 1980, págs. 225, 228-230; Ruse, 1983, págs. 302-303; Jensen, 1988; Torres, 1995, pág. 44; Milner, 1995, pág. 502-504; Miller y Van Loon, 1995, pág. 127; Bowler, 1995, pág. 205; Alemañ, 1996, pág. 23; Dennett, 1999, págs. 91, 550; Behe, 1999, pág. 291; Burnie, 2000, págs. 88-89; Pelayo, 2001, pág. 139). Se habían congregado entre 700 y mil personas, incluyendo estudiantes, miembros del clero y científicos con sus esposas. Samuel Wilberforce anunció que *“despedazaría a Darwin”*, y acusó al darvinismo de ser una doctrina inmoral y anticristiana, preguntando a Thomas H. Huxley si descendía del mono por la línea materna o paterna. La réplica de Huxley, que puso brillantemente en su lugar al pomposo Obispo, desató el escándalo. Los estudiantes gritaban y aplaudían, las damas agitaban sus pañuelos, y una de ellas, Lady Brewster, se desmayó y debió ser sacada de la sala. En medio de la confusión, el capitán Robert FitzRoy se levantó diciendo que tiempo atrás había advertido a Darwin sobre sus pensamientos peligrosos, y vociferó *“el Libro, el Libro”*, levantando la Biblia, contra las herejías evolucionistas (Montero, 1978, pág. 104; Gould, 1995, pág. 304).

En julio de 1860, el obispo Samuel Wilberforce publicó anónimamente en el *Edinburgh Quarterly Review*, el artículo “*Is Mr. Darwin a Christian?*”, versión corregida y ampliada de su alocución, afirmando que Charles Darwin era superficial, que “*andaba por las nubes en un laberinto de suposiciones fantásticas y especulaciones triviales*” (Radl, 1988a, pág. 177; Alemañ, 1996, pág. 23). Presentó a Charles Darwin como un “*lunático*” que intentaba “*sostener su edificio podrido de conjeturas y especulaciones*”, cuya “*manera de tratar a la Naturaleza...deshonra completamente a las Ciencias Naturales*”, y preguntaba “*¿Podemos creer que todas las especies conocidas de nabos tienden a convertirse en hombres*” (citas en Prenant, 1940, pág. 92 y Jastrow, 1970, pág. 179). Escribió: “*La supremacía del hombre sobre la Tierra; su capacidad de articular el lenguaje; el don de la razón, su libre albedrío y su responsabilidad... – todas estas cosas son por igual absolutamente irreconciliables con la degradante noción del origen animal de quien fue creado a imagen de Dios*” (citado por Dennett, 1999, pág. 91). Según Francisco Pelayo, en este artículo Samuel Wilberforce habría sostenido que “*la selección natural es absolutamente incompatible con la palabra de Dios, porque contradice las relaciones reveladas entre creador y creación*” (Pelayo, 2001, pág. 146); no obstante, I. Bernard Cohen (1985a) dice haber releído el artículo de Wilberforce y que si bien el obispo rechazaba la idea de la evolución, aceptaba la de la selección natural como un mecanismo a través del cual Dios elimina a los ineptos.

El geólogo y clérigo inglés Adam Sedgwick (1785-1873), profesor y amigo de Charles Darwin, escribió que la visión darwiniana de la Naturaleza es falsa y “*terriblemente dañina*” (Platonov, 1963, pág. 346). Opinó que “*El origen de las Especies ofendió gravemente su sentido moral*”, que Darwin se había desviado de la visión de que “*la causación es la voluntad de Dios*” y que temía que su visión hiciera que la humanidad *sufriera un daño que podría brutalizarla*” (Cohen, 1985a). Un teólogo que reconoció a Charles Darwin en el Museo Británico, le dijo a Henry Trimen (1843-1896) que Charles Darwin era el hombre más peligroso de Inglaterra, que su teoría era un error pernicioso (Poulton, 1909, págs. 213-214). Otro clérigo comentó haber fracasado en la búsqueda de calificativos suficientemente bajos para deshonrar a Darwin (Alemañ, 1996, pág. 23). En 1864, se reunieron 210 científicos y declararon que “*es muy lamentable que ciertos científicos hayan intentado utilizar su Ciencia para discutir la exactitud del sagrado libro de Dios*” (Radl, 1988a, pág. 177).

Diversas religiones cristianas evangélicas han mantenido históricamente una opinión antievolucionista. La posición oficial de la Iglesia Católica ha variado desde un antievolucionismo cerrado inicial hasta declarar la compatibilidad del proceso evolutivo con la creación divina, aceptando una “*creación mediante evolución*”.

El cardenal Nicolás Wiseman (1802-1865) propuso al Vaticano la creación de una Academia Científica desde la cual los científicos católicos pudiesen rebatir al darvinismo. De las varias sociedades científicas europeas surgidas con similares propósitos, la más importante fue la Société Scientifique de Bruxelles, fundada en 1875 *para combatir al racionalismo y al ateísmo con las armas de la verdadera Ciencia*, editora de la *Revue des Questions Scientifiques* (Pelayo, 2001, pág.147). El punto central del conflicto con las religiones fue el origen del ser humano. En el Concilio provincial celebrado en Colonia en 1860 se estableció: “*Nuestros primeros padres fueron creados por Dios directamente. Por tanto, declaramos que es abiertamente contra la Sagrada Escritura y contra la fe la opinión de aquellos que no se avergüenzan de defender que el hombre, aunque sólo en cuanto al cuerpo, fue producido por un proceso continuo y espontáneo de la naturaleza, partiendo de lo más imperfecto a lo más perfecto*” (Ebel, 1936, pág. 398).

Muchos conflictos y enfrentamientos ocurrieron a través de gran parte del mundo. A modo de ejemplo, en Italia el profesor Filippo De Filippi (1814-1867) dio una conferencia en la Universidad de Turín el 11 de enero de 1864 acerca de “*El hombre y los monos*”, y aunque en la misma se declaró creyente y buscó una conciliación entre las ideas religiosas y el darvinismo, fue duramente atacado, acusado de ateísmo y de ser un hombre peligroso, llegándose a criticar al gobierno por la infamia de mantenerlo en una Cátedra (Montalenti, 1976, págs. 91-93). En Estados Unidos, Charles Hodge (1797-1878), teólogo Presbiteriano de Princeton, escribió en 1874 uno de los ataques más concienzudos bajo el título de “*What is Darwinism?*” (¿Qué es el darvinismo?) y su respuesta fue: “*Es ateísmo*”. Arguye que “*la negación del diseño divino en la naturaleza es equivalente a la negación de la existencia de Dios*” (Ayala, 1999, pág. 21).

En Rusia, Nikolai Jakovlevich Danilevsky (1822-1885) publicó entre 1885 y 1889 el libro “*Darwinism*” en varios volúmenes, en el que apoyaba a la doctrina teleológica de “*la dirección de la Divinidad Suprema*”, y al que se le llamó la “*enciclopedia del antidarvinismo*” (Platonov, 1963, pág. 353). Afirmó que la doctrina de Darwin acerca de la evolución humana no coincide con ningún hecho científico y que es solamente una ficción peligrosa, porque ha servido de base a ideologías impías, que odian al hombre y que justifican la violencia. En el mismo país, un Comité de Censura Eclasiástico en San Petersburgo, prohibió los libros de Charles Darwin, Thomas Henry Huxley y Ernst Haeckel (Platonov, 1963, pág. 349-350). En mayo de 1882, los estudiantes universitarios rusos decidieron colocar una corona sobre la tumba de Darwin, con la oposición del zar Alejandro III (Gourev, 1960, pág. 113).



Los antievolucionistas pretenden que Charles Darwin desarrolló la idea de la evolución como un ataque a las ideas religiosas, y que él era ateo. La verdad es muy distinta: Charles Darwin pasó por diversas etapas, pero nunca fue ateo. Según Francis Hitching, intervinieron, además, razones políticas: “*Si la Biblia decía la verdad, no había manera de poner en duda, sin violencia, la legitimidad de la monarquía en Inglaterra, ya que se suponía que la realeza descendía de Dios al rey; pero si se podía comprobar que la Biblia estaba equivocada, especialmente sobre el tema fundamental del diluvio, entonces todo el fundamento filosófico, sobre el cual basaba su poder la monarquía, se quebrantaría*” (citado por McLean, Oakland y McLean, 1996, pág. 103). De acuerdo con Carl Wieland (2001, pág. 24), Charles Darwin habría desarrollado su evolucionismo como una reacción contra el capitán del Beagle, Robert Fitzroy, cuyas opiniones políticas eran diametralmente opuestas a las suyas.

En su juventud, Charles Darwin era religioso, creía que la Biblia es la palabra revelada de Dios (Gardner, 2001, pág. 320). Solía leer obras como “*On the Treeds*”, del ministro anglicano John Pearson (1613-1686) y los libros “*Natural Theology*”, “*Moral Phylosophy*” y “*Evidences of Christianity*”, del teólogo inglés William Paley (1743-1805), que realizaban una síntesis de Ciencia y Religión argumentando la falta de conflicto entre ambas (Fuenzalida, 1933, pág. 87; Hemleben, 1971, pág. 30; Bowler, 1995, pág. 57). En su autobiografía, Darwin cuenta que la lógica de William Paley le pareció tan fuerte como la de Euclides y que podía recitar algunos de sus pasajes de memoria (Hemleben, 1971, pág. 30). Gracias a ese libro se sintió atraído por la idea de estudiar los designios de Dios en la naturaleza, de modo que después de descubrir que no tenía interés por la medicina, (profesión que ejercía su padre, que con anterioridad había ejercido su abuelo y que estudiaba su hermano mayor), decidió hacerse clérigo de la Iglesia de Inglaterra, y hacia fines de 1827 se inscribió en la carrera de Teología de la Facultad de Estudios Cristianos (Christ’s College) de la Universidad de Cambridge, preparándose durante tres años para su ordenación (Montero, 1978, págs. 31-32; Gardner, 2001, pág. 321).

Cuando escribió “*El Origen de las Especies*”, Charles Darwin era un teísta, es decir, creía en un Dios que no sólo crea, sino también cuida y sostiene al mundo. Posteriormente abandonó el cristianismo ortodoxo, pero no llegó al ateísmo, sino se transformó en un deísta, alguien que cree en un Creador remoto y no en una providencia divina supervisando todo (Bowler, 1995, pág. 104), como lo habían sido su padre y su abuelo, con ocasionales vacilaciones que lo hacían considerarse agnóstico (Bowler, 1995, pág. 237; Gardner, 2001, pág. 324), es decir partidario de la doctrina según la cual toda noción de lo Absoluto es inaccesible al entendimiento humano.

Darwin (1977, págs. 115-116) escribe: *“Otra fuente de convicción en la existencia de Dios, relacionada con la razón y no con los sentimientos, me parece de mucho más peso. Es la que se deduce de la extrema dificultad, o más bien de la imposibilidad, de concebir este inmenso y maravilloso Universo, incluyendo al hombre con su capacidad de reflexionar sobre el pasado y el futuro, como un resultado del ciego azar o de la necesidad. Cuando pienso en esto, me veo obligado a acudir a una Primera Causa, dotada de una mente inteligente, en cierto grado de análoga a la del hombre; y merezco ser considerado Deísta. Que yo recuerde, esta conclusión era muy firme en mí por el tiempo en que escribía el “Origin of Species” y desde entonces es cuando se ha ido debilitando poco a poco, con numerosas fluctuaciones...”* “El misterio del principio de todas las cosas es insoluble para nosotros y yo al menos, debo contestarme con seguir siendo un agnóstico”.

La esposa de Charles Darwin, Emma Wedgwood (1808-1896), era profundamente religiosa, acudía regularmente a la Iglesia y leía la Biblia con sus hijos, a quienes bautizaron. En 1839, Emma le escribió una carta en la que le previene que sus teorías no lo aparten de la Fe y le pide que renuncie a su manía de *“no creer nada hasta que esté demostrado”*. Al final de la carta, Darwin agregó sus propias palabras: *“Cuando yo esté muerto, quiero que sepas cuántas veces la he besado y llorado sobre ella”* (Gardner, 2001, pág. 320). Intentó convencer a sus lectores de que la evolución es compatible con las creencias tradicionales sobre las relaciones entre Dios y la naturaleza. Sostiene que prefiere pensar del Creador que gobierna al mundo mediante leyes que mediante milagros arbitrarios, y sugiere que *“en tanto que la selección natural trabaja solamente por y para el bien de cada ser, todas las propiedades corporales y mentales tenderán a progresar hacia la perfección”*.

Charles Darwin era un devoto contribuyente con los gastos de su iglesia local y su vida ejemplar fue citada en su tiempo para probar que un evolucionista no era peligroso para la sociedad ni para la Religión. La mejor demostración de esto es que, tras su muerte, la Iglesia Anglicana no puso ninguna objeción a su enterramiento en el templo más sagrado de Inglaterra, la abadía de Westminster, y recibiera los elogios de los canónigos londinenses (Sánchez Calvo, 1882). El canónigo Henry Parry Liddon (1829-1890), dijo en su sermón en la Catedral de San Pablo: *“Cuando aparecieron las obras del profesor Darwin sobre el origen de las especies y La Descendencia del hombre fueron consideradas al principio ligeramente por los hombres religiosos como si contuviesen teorías necesariamente hostiles a la religión. Un estudio detenido modificó por completo semejante impresión. Se vio que así la actividad creadora de Dios se manifestase por catástrofes (valga la frase) lo mismo que en progresiva evolución, quedaba siempre tal actividad creadora, y en realidad las grandes cuestiones metafísicas permanecen intactas”* (Sánchez Calvo, 1982).

En 1886, cuando se inauguró el monumento a Charles Darwin en el Museo de Historia Natural de Londres, intervino en la ceremonia el arzobispo de Canterbury.

### 8.5. Conflictos en torno al evolucionismo entre religiosos

Pronto los enfrentamientos de posiciones frente al evolucionismo se extendieron hacia el interior de los grupos religiosos, porque algunos teólogos, predicadores populares y científicos comprometidos con la religión, no vieron contradicción alguna entre sus creencias y los postulados evolucionistas, y así lo manifestaron públicamente. Teólogos ortodoxos, como Benjamin Warfield (1851-1921), Augustus Hopkins Strong (1836-1921), y James Orr (1844–1913), consideraron a la Biblia y al evolucionismo como mutuamente consistentes (Mixer, 1959, pág. 21; McGrath, 1999). Producido el gran impacto de la publicación de “*El Origen de las Especies*” de Charles Darwin, el clérigo presbiteriano James McCosh (1811-1894), undécimo presidente del Princeton College, se destacó por su defensa del evolucionismo, opinando que las hipótesis darwinianas, lejos de negar la existencia de Dios, “*aumentan la maravilla y el misterio del proceso de Creación*” (Leitch, 1978), y que la selección natural confirmaba su creencia en que Dios solo escoge a los elegidos (Passmore, 1968, pág. 535). También elogió a Darwin el religioso anglicano de Canterbury, Frederick William Farrar (1831-1903).

El Reverendo Charles Kingsley (1819-1875), naturalista aficionado y literato inglés, ordenado sacerdote anglicano en 1842 y miembro fundador del movimiento socialista cristiano, fue un darvinista convencido. En 1863, Charles Kingsley escribía al teólogo Frederick Denison Maurice (1805-1872): “*La situación de la mentalidad científica es curiosísima: Darwin está resultando vencedor en todas partes e invadiéndolo todo como un torrente, sólo con la fuerza de la verdad y los hechos*” (citado por Darwin 1977, pág. 370). En 1867, Charles Kingsley declaró públicamente su creencia en que el hombre desciende de monos y que el mundo tiene millones de años, en dos conferencias tituladas “*Science and Scripture*” que dictó en la Royal Institution y se imprimieron en la *Frasers Magazine*, en junio y julio de 1867 (Chitty, 1974, pág. 215). Los fundamentalistas lo consideran un “traidor” (Grigg, 1999 – 2000). El predicador protestante Josiah Strong (1847-1916) escribió un folleto titulado *America’s Destiny*, donde dijo que las Escrituras y la evolución son coincidentes. El teólogo protestante y científico escocés Henry Drummond (1851-1897), escribió en 1894 un texto popular, “*The Ascent of Man*”, en el que planteaba que el progreso biológico no es más que el preludio de una evolución espiritual (Milner, 1995, pág. 494).

Numerosos científicos católicos, muchos de ellos sacerdotes, han aceptado desde hace mucho tiempo la compatibilidad del evolucionismo con su fe. A menudo los fundamentalistas incluyen en sus listas de científicos antievolucionistas al religioso agustino Johann Gregor Mendel (1822-1884), conocido mundialmente como el fundador de la genética (por ejemplo, en H. M. Morris, 1982, reproducido en Internet en <http://www.icr.org/pubs/imp/imp-103.htm>; en Huse, 1996, pág. 170; también en <http://www.answersingenesis.org/Home/Area/bios/default.asp>; y en otras páginas que repiten estas listas, como <http://www.thedarwinpapers.com/oldsite/Appendix2.html> y en <http://www.geocities.com/Heartland/7547/cscient.html>). Incluso, lo presentan como “*el más grande de los científicos creacionistas*” (<http://www.projectcreation.org/CStation/mendel.htm>).

Sin embargo, tal inclusión es errónea. En 1850, Mendel presentó ante una Comisión de la Universidad de Viena un trabajo con el que postuló a la obtención del título de profesor de enseñanza secundaria. El escrito se refería a la formación de la Tierra, y en él expresa frases como las siguientes: “*Tan pronto como en el curso del tiempo la Tierra había alcanzado la necesaria capacidad para la formación y mantenimiento de la vida orgánica, aparecieron las primeras plantas y animales de las clases más inferiores... La vida vegetal y animal se desarrolló más y más abundantemente; las formas más viejas desaparecieron en parte para dejar sitio a otras nuevas, más perfectas*” (citado por Lacadena, 1986).

Los experimentos a través de los cuales Mendel descubrió los principios de la herencia que llevan su nombre tenían un trasfondo evolutivo, porque desde tiempos de Carl von Linné se aceptaba que la hibridación origina nuevas especies. El propio Johann Gregor Mendel aclara el propósito de su trabajo con las siguientes palabras: “*En verdad, se necesita una buena dosis de coraje para emprender empresa de tal envergadura. Con todo, éste parece ser el modo correcto de llegar finalmente a la solución de una cuestión cuyo significado para la historia de la evolución de las formas orgánicas no debe ser subestimado*” (Mendel, 1865).

En un segundo trabajo sobre hibridación que Mendel realizó con vegetales del género *Hieracium* (Mendel, 1869) explica: “*La cuestión del origen de las numerosas y constantes formas intermedias ha adquirido recientemente no pequeño interés, desde que un famoso especialista en Hieracium, inspirado en las teorías darwinianas, ha defendido el parecer de que estas formas se las debe considerar como surgidas de la transmutación de especies desaparecidas, o todavía existentes*”.

Que Gregor Mendel también aceptó la teoría darvinista de la selección natural como causa de la evolución puede probarse por una carta que envió a Carl Naegeli el 18 de noviembre de 1873, en la que escribió: *"Si tal es el caso actualmente, las hibridaciones que ocurren naturalmente en Hieracium deben ser atribuidas a desórdenes temporales, que, si se repiten con frecuencia o se tornan permanentes, acabarían finalmente en la desaparición de las especies afectadas; mientras que una u otra de la progenie más afortunada en la organización, mejor adaptada a las condiciones reinantes telúricas y cósmicas, podría acometer con éxito la lucha por la existencia..."* (Mendel, en Stern y Sherwood, 1973, pág. 101).

Aparentemente el evolucionismo de Johann Gregor Mendel se desarrolló por influencia de las ideas de su profesor de fisiología vegetal de la Universidad de Viena, Franz Unger (1800-1870) y por influencia de dos monjes de su convento, František Matouš Klácel (1808-1882), profesor de filosofía que realizaba experimentos de hibridación en vegetales, y Tomás Bratránek (1815-1884), también filósofo interesado en Ciencias Naturales que había publicado un libro acerca de Johann Wolfgang Goethe y Charles Darwin (Serre, 1984, pág. 1088; Blanc, 1984 pág. 274; Lacadena, 1986, págs. 20-21; Cox, 1999). František Matouš Klácel fue un gran amigo de Mendel, hasta que abandonó el monasterio para instalarse los Estados Unidos en 1869, donde dio una conferencia sobre la evolución darviniana (Cox, 1999). El obispo de Brno pidió la disolución de la comunidad monástica de Santo Tomás de Brno, monasterio al que ingresó Mendel en 1843 y donde realizó sus célebres experimentos, debido a que la enseñanza y la investigación científica eran contrarias a la misión espiritual de un monasterio (Serre, 1984, pág. 1091).

Numerosos paleontólogos profundamente religiosos, especialmente franceses, como Albert Gaudry (1827-1908) y Charles Deperet (1854-1929), hicieron importantes contribuciones al evolucionismo (Agustí, 2002, pág. 76). El principal defensor de Darwin en Estados Unidos fue Asa Gray (1810-1888), botánico de Harvard, que intentó defender al evolucionismo de las acusaciones de propender al ateísmo, sostuvo que la selección natural no eliminaba el argumento del diseño y que un Dios bienintencionado suministra las variaciones útiles sobre las que actúa la selección natural (Ruse, 1979, pág. 311; Milner, 1995, pág. 308; Numbers, 1999, pág. 27). El geólogo James Dwight Dana (1813-1895), evangélico, adoptó la teoría evolutiva y fue uno de los primeros estadounidenses que protestaron contra los políticos, pedagogos y teólogos puritanos quisieron prohibir la enseñanza de la evolución. Declaró que la evolución no hace superfluo a Dios, sino que está dirigida por Él y es una manifestación de la grandeza y poder divinos, y que el ser humano deriva de animales inferiores, a través de un acto creativo divino (Wendt, 1968, pág. 281; Numbers, 1998, págs. 29, 142).

El reverendo Baden Powell (1796-1860), clérigo anglicano y profesor de matemáticas de Oxford, era evolucionista desde antes de la publicación de *El origen de las especies*, y lo reconoció públicamente en 1855, cuando escribió: “*Precisamente del mismo modo que un producto manufacturado con maquinaria ofrece relativamente más prueba de intelecto que el realizado manualmente, un mundo que evoluciona a partir de un largo proceso de causas físicas que se suceden ordenadamente es la mejor prueba de la existencia de una inteligencia suprema que si, por el contrario, en la estructura de este mundo no se pudieran apreciar señales de dicha acción progresiva*” (citado por Ruse, 1983, pág. 197).

En 1868, el R. P. Bellinck, jesuita y profesor del Colegio de Nuestra Señora de la Paz, en Namur, miembro de la Academia de Ciencias de Bruselas, escribió un artículo en la *Revue des Études religieuses historiques et littéraires*, en el que junto con defender los dogmas fundamentales del cristianismo señala que admite como perfectamente compatibles con su fe las modificaciones morfológicas del Ser Humano supuestas por el darwinismo (Quatrefagues, 1894, págs. 18-19). En esa década y en la siguiente, en España diversos escritores se empeñan en demostrar la concordancia entre el relato bíblico del Génesis y los descubrimientos geológicos (Querol, 2001, pág. 196). El sacerdote Miguel Mir y Noguera (1841-1912), de la Compañía de Jesús, defendió la armonía entre la religión y la ciencia, expresando: “*La cuestión del origen de las especies es la más agitada de hoy en día, débese esto principalmente a Darwin; esta teoría no puede oponerse a la enseñanza revelada, y así la Iglesia no la ha condenado nunca; lo que interesa al defenderla es que no se prescindiera absolutamente de Dios creador del Universo*” (Mir y Noguera, 1892, pág. 477).

El reverendo Henry Ward Beecher (1813-1887), uno de los predicadores estadounidenses más influyentes en el siglo XIX, dio una serie de sermones sobre *Evolución y Religión* ante multitudes, en los que planteaba la unión de ambas visiones. Se imprimían en periódicos y dieron origen al libro “*Evolution and Religion*” (Beecher, 1885). Uno de sus sermones más conocidos fue “*Las Dos Revelaciones*”, que predicó el 31 de mayo de 1885 y en el que expuso que la Biblia nos habla de Dios como creador del Universo, pero la Ciencia puede determinar las leyes naturales que dan cumplimiento a ese propósito (Beecher, 1885, I, págs. 44-46). Beecher opinaba que “*diseñar en conjunto es más grandioso que diseñar en detalle*”, y enseñaba a sus fieles que “*el Génesis es un poema, no un tratado de cosmogonía*”.

El biólogo, zoólogo y filósofo inglés Dr. St. George Jackson Mivart (1827-1900), devoto católico, enseñaba en la Universidad Católica St. Mary que la evolución es completamente compatible con el dogma eclesiástico. Citó en apoyo de esta tesis los escritos de Francisco Suárez, jesuita español del siglo XVII al que le atribuyó ideas evolucionistas, pero Thomas Henry Huxley revisó los escritos de Suárez y demostró que Mivart estaba equivocado al respecto, pues tal autor era claramente antievolucionista (Gourev, 1960, pág. 103). Partidario del lamarquismo, St. George Jackson Mivart se opuso a la selección natural como impulsora de la evolución, considerándola falsa y brutal, y aseguró que el darwinismo llevaba a “*peores horrores que la comuna de París*” (Strickberger, 1993, pág. 57). St. George Jackson Mivart escribió el libro “*On the Genesis of Species*”, en el que se declaró convencido de que Dios había intervenido directamente al iniciarse la vida, en las transiciones entre especies y especialmente al crear el alma humana e insuflarla (Mivart, 1871).

La existencia de numerosos paralelismos evolutivos era para St. George Jackson Mivart prueba suficiente de la programación del proceso por parte del Creador, y desarrolló su hipótesis de la psicogénesis, según la cual la evolución es producida por una fuerza espiritual interna (Radl, 1988a, pág. 146; Querol, 2001, pág. 56). Fue excomulgado por la Iglesia en 1900, poco antes de morir, aunque su visión sobre la evolución biológica coincide con la postura aceptada actualmente por casi todos los teólogos católicos, respaldada oficialmente por el papa Juan Pablo II (Gardner, 2001, pág. 29). Sus amigos adujeron que la diabetes había desequilibrado su mente y la Iglesia le concedió un entierro cristiano aceptando esta interpretación mecanicista respecto al origen de la herejía (Milner, 1995, págs. 453-454).

Algunos científicos y filósofos aceptaron la evolución biológica, pero sin aplicarla, o aplicándola solo parcialmente, al ser humano. Por ejemplo, el filósofo e historiador estadounidense John Fiske (1842-1901) aceptó la evolución de las especies, pero planteó que la conciencia humana no pudo surgir de ningún ordenamiento de partículas materiales, que el alma humana es una substancia inmaterial que se encarna bajo determinadas condiciones (Fiske, 1884, págs. 42-43; Fiske, 1889, págs. 27-28). El teólogo norteamericano James Orr (1844-1913) adhirió a lo que Robert C. Newman llamó “*evolución teísta con Adán*” (en comparación con la posición de otros religiosos, partidarios de la “*evolución teísta sin Adán*”). Publicó un artículo en “*The Fundamentals*”, revista de los presbiterianos de Chicago entre 1910 y 1915, en el que afirmaba que la Biblia no debía leerse como un libro de texto científico, que el mundo tiene una antigüedad mucho mayor a seis mil años y que “*la evolución acabará siendo reconocida como un nuevo nombre para decir creación*”.

Reconoció importante recalcar que todos los verdaderos seres humanos descienden de Adán, quien tenía una naturaleza humana libre de pecado y una inmortalidad condicional, que perdió debido a la caída. En época más reciente, una posición similar adoptó el botánico estadounidense Edmund Ware Sinnott (1888-1968), para quien el alma humana no es producto de la evolución (Sinnott, 1955, págs. 159-160). El jesuita Erich Wasmann aceptó en general el proceso de la evolución biológica, pero sugirió que Dios habría intervenido directamente en el proceso en dos ocasiones, en el origen de la vida y en la creación e introducción del alma en el cuerpo humano (Radl, 1988a, págs. 178-179).

El Concilio Vaticano I, realizado en 1869-1870, reiteró la doctrina tradicional del catolicismo acerca de la Creación, lo cual excluía a las ideas evolucionistas de cualquiera interpretación. En el capítulo Primero de la “*Constitución de la fe católica*” condenó a las falsas doctrinas con cinco cánones, de los cuales el tercero señala: “*Quien diga que Dios y las cosas son de idéntica substancia o esencia, o bien que la divina esencia se transforma en todas las cosas mediante su manifestación y evolución, o que Dios es el ser universal o indefinido que al determinarse constituye la totalidad de las cosas repartidas en sus géneros, especies e individuos, sea anatema*”. Sin embargo, posteriormente la posición oficial de la Iglesia Católica ha sido favorable a un diálogo entre Ciencia y fe, limitando claramente sus campos de acción.

En 1877, en uno de los principales periódicos católicos de la época, *Stimmen aus María Laach* (XIII, p. 72), publicado por los Jesuitas alemanes, el teólogo Joseph Knabenbauer (1839-1911) opinó que “*no hay ninguna objeción, en lo que concierne a la fe, a asumir que todas las especies de plantas y de animales desciendan de unos pocos tipos*”. En su encíclica *Providentissimus Deus*, del 18 de noviembre de 1893, sobre las Sagradas Escrituras, el papa León XIII (1810-1903) decretó que no podía haber oposición entre la Ciencia y la fe y que debe remitirse a la Ciencia en lo que respecta a saber cómo se produjo la emergencia humana.

En 1895, el sacerdote de la orden Dominicana M. D. Eduard Leroy publicó el texto “*L’ évolution restreinte aux espèces organiques*”, apoyando las ideas de St. George Jackson Mivart (1827-1900) sobre el origen simiesco del ser humano. Leroy opinó que las Escrituras no excluyen la idea de la evolución corporal, y que los Padres de la Iglesia no son concluyentes en este punto. Argumentó que el Concilio de Colonia sólo excluyó la evolución espontánea, razonando que según el principio de Santo Tomás, la forma determina a la materia, de modo que Dios necesitaba crear solamente un alma humana e infundirla en un cuerpo animal para que llegara a ser humano.



Entonces no se requeriría ninguna otra intervención divina. Inmediatamente fue citado a Roma, donde se le ordenó que se retractase, lo que hizo en los siguientes términos: “*Conozco hoy que mi tesis, examinada aquí en Roma por la autoridad competente ha sido juzgada insostenible, sobre todo por lo que se refiere al cuerpo del hombre, por ser incompatible lo mismo con los textos de la Sagrada Escritura que con los principios de la sana filosofía*”. El libro fue condenado por el Santo Oficio, se retiró de circulación y se prohibió su venta (Messenger, 1931, p. 232-233; Ebel, 1936, pág. 399; Greene, 1963, pág. 22). El eminente Dominicano y orador sagrado francés Jacques-Marie-Louis Monsabré (1827-1907), predicador de Cuaresma en Nuestra Señora de París, escribió una “*Carta al P. Leroy*”, en su apoyo (Vicuña, 1918, pág. 16). En 1895, Geremia Bonomelli (1831-1914), obispo de Cremona, se retractó de su apoyo a las mismas ideas en un apéndice a otra obra: “*Muchas personas amigas y benévolas y bastante competentes por su Ciencia y autoridad, me han hecho observar que aquella doctrina, aún considerada como simple hipótesis, es una doctrina que no está perfectamente conforme con las enseñanzas de la Iglesia*” (*Civiltá Cattolica*, ser. 17, t. 4, pág. 362).

En 1896, un célebre conferenciante católico, John Augustine Zahm (1851-1921), de la Congregación de la Santa Cruz y que trabajaba en la Universidad de Notre Dame, publicó el libro “*Evolution and Dogma*” (Zahm, 1896), en el cual opinaba que el origen simiano del ser humano está apoyado por la interpretación oficial del Génesis sostenida por las venerables autoridades filosóficas y teológicas de la Iglesia. En 1897, el Vaticano, a través de la Sagrada Congregación del Santo Oficio, le obligó a retirar el libro, que al año siguiente se incluyó en el Index de los libros prohibidos (Ebel, 1936, pág. 400; Greene, 1963, pág. 22; Numbers, 1999, pág. 2), a pesar de lo cual fue traducido y publicado en España (Zahm, 1905).

Varios teólogos que formaron el movimiento modernista, como Louis Duchesne (1843-1922), director de la Escuela Francesa de Roma, y Alfred Loisy (1857-1940) del Instituto Católico de París, postularon que el cuerpo humano es producto de la evolución y que Dios le insufló un alma inmortal. Uno de los grandes filósofos contemporáneos, Henri Bergson (1859-1941) intentó sintetizar la ciencia y la filosofía, y sus inquietudes religiosas le llevaron hasta el catolicismo. Su obra más famosa “*La evolución creadora*”, publicada en 1907, dio por supuesta la evolución biológica como una explicación verosímil, pero apartándose de las explicaciones mecanicistas y científicas, admitiendo un finalismo parcial. De acuerdo con Bergson, muchos fenómenos naturales pueden explicarse mediante la composición de sus elementos, pero esas explicaciones son parciales, no explican la existencia y el dinamismo de una naturaleza que exige explicaciones más profundas.

Henri Bergson consideró que la evolución biológica es compatible con la religión, que la procedencia de unos seres a partir de otros no elimina la exigencia de un fundamento de la existencia y del dinamismo de la naturaleza, y que es patente la existencia de dimensiones espirituales que colocan a la persona humana por sobre el resto de la naturaleza. Sin embargo, pareció sugerir una divinidad con un cierto aire panteísta, lo cual mereció serias reservas por parte de las instancias católicas. Su discípulo, el filósofo Jacques Maritain (1882-1973) calificó a la obra bergsoniana de panteísta y atea (Grasa Hernández, 2002, pág.70).

El religioso dominico Fray Juan Tomás González de Arintero (1860-1928) se opuso en un principio al darwinismo, pero fue cambiando sus opiniones hasta aceptar un evolucionismo parcial (Pelayo, 2001, pág. 156). En 1898, Fray Juan Tomás González de Arintero defendió las ideas evolucionistas de “*El Origen de las Especies*” en su libro “*La evolución y la filosofía cristiana*”. Escribe en ese texto que: “*Por de pronto, es indudable que el transformismo ha producido una verdadera revolución en todas las ramas de las ciencias naturales, ha sido el punto de partida de nuevos y portentosos descubrimientos y ha esclarecido con vivísima luz muchos problemas trascendentales, de todo punto insolubles en cualquier otra teoría. De ahí que esté hoy tan en boga en el mundo científico, que domine en todas las ramas de la ciencia y a todas les dé vida, y que sea tenido en tanto aprecio aún por los naturalistas más ilustres y más sinceros amantes de la verdad. De ahí, en fin, que de día en día vaya ganando más prosélitos entre los sabios creyentes, los cuales, lejos de considerarlo ya como enemigo, lo van reconociendo como auxiliar poderoso, como un sistema que, en vez de perjudicar a la religión, la ilustra con nueva luz, nos da una idea más elevada de las perfecciones divinas, y esclarece numerosos pasajes de los los Libros santos*” (citado por Núñez, 1969, págs. 186-187). Sin embargo, consideró inaceptable al “*Origen del Hombre*”.

Algunos antievolucionistas nunca aceptaron al evolucionismo, pero moderaron sus posiciones, señalando que no existiría incompatibilidad con el cristianismo. El Cardenal-arzobispo de Sevilla de la Iglesia de Roma, Zeferino González y Díaz-Tuñón (1831-1894), filósofo de la Orden de los Predicadores, importante impulsor del intento de restaurar el tomismo dentro de la filosofía cristiana, escribió en 1873: “*Después de lo que llevamos expuesto, creemos innecesario demostrar que el darwinismo encierra doctrinas y tendencias esencialmente anticristianas. Haciendo caso omiso de otras, la teoría darwiniana sobre el origen del hombre es incompatible con el dogma católico que nos enseña que nuestros primeros padres Adán y Eva, fueron producidos por Dios inmediatamente. Los que pretenden conciliar el evolucionismo con el cristianismo, dan fundamento para sospechar que no conocen a fondo, ni al primero ni al segundo*” (reproducido por Núñez, 1977, pág. 103).

Posteriormente, en su *Historia de la Filosofía*, publicada entre 1878 y 1886, Zeferino González y Díaz-Tuñón modificó sus ideas. Aceptó la formación de variedades importantes bajo la forma de subespecies o razas, en animales y el hombre, aunque rechazando una transformación cualitativamente importante y admitió que un católico pudiese ser partidario del evolucionismo, aunque excluyendo al ser humano. Escribió: “*Si de este darwinismo se excluye además su aplicación al hombre (...) y si se hacen las oportunas reservas acerca de la creación del mundo y del alma racional, puede caber y cabe dentro del dogma de los católicos*” (González, 1886, IV, pág. 278). En su libro “*La Biblia y la Ciencia*”, de 1891, Zeferino González sugirió que el ser humano procede en parte mediante evolución y en parte por acción directa de Dios (Glick, 1982, pág. 46).

En su documento “*De caractere historico trium priorum capitum Geneseos*, (Sobre el carácter histórico de los tres primeros capítulos del Génesis), del 30 de junio de 1909, la Pontificia Comisión Bíblica afirmó que la Creación es un hecho histórico, pero que no es necesario aceptar literalmente todas las expresiones del Génesis, puesto que a un autor bíblico no puede pedirse el rigor de una exposición científica. En *Acta Apostolicae Sedis*, vol. 1, págs. 567-569, respondió a una consulta sobre los primeros capítulos del Génesis en los siguientes términos: “*Duda VII. Si dado el caso que no fue la intención del autor sagrado, al escribir el primer capítulo del Génesis, enseñar de modo científico la íntima constitución de las cosas visibles y el orden completo de la creación, sino dar más bien a su nación una noticia popular acomodada a los sentidos y a la capacidad de los hombres, tal como era uso en el lenguaje común del tiempo, ha de buscarse en la interpretación de estas cosas exactamente y siempre el rigor de la lengua científica. Respuesta: Negativamente*”. La misma Comisión se refirió a estos primeros capítulos del Génesis en una carta al cardenal de París, “*Des sources du Pentateuque et de l'historicité de Genèse 1-II*” (Sobre las fuentes del Pentateuco y sobre el valor histórico de Gen 1-11) fechada el 16 de enero de 1948: “*...en ellos se nos relata en un lenguaje sencillo y figurado, acomodado a las inteligencias de una humanidad menos desarrollada, las verdades fundamentales que se presuponen a la economía de la salvación y, a la vez, la descripción popular de los orígenes del género humano y del pueblo elegido*”.

En su discurso presidencial de 1891 ante la American Society of Naturalists, el geólogo metodista William North Rice (1845-1928) se refirió a la revolución en la opinión sobre la Evolución ocurrida en el último cuarto de siglo. Señaló que en 1867 unos pocos científicos estadounidenses, entre ellos el mismo, habían apoyado al evolucionismo, pero 25 años más tarde los dedos una la mano eran suficientes para contabilizar a los antievolucionistas competentes.

Solo un científico prominente en toda Norteamérica, el geólogo presbiteriano John William Dawson, de la Universidad McGill, Montreal, se mantenía en el campo antievolucionista. William North Rice, como muchos otros científicos, era un teísta, trabajaba en una universidad metodista, la Wesleyan University, pero negaba que el Génesis pudiese concordar con la moderna Geología (Rice, 1894, págs. 7-8). En la misma época, su colega del mismo Departamento de Biología de aquella Universidad, el bacteriólogo Herbert William Conn (1859-1917), realizó observaciones similares sobre la decadencia del antievolucionismo (Conn, 1886, pág. 18).

El sacerdote jesuita Guillermo Ebel reconoce que: *“A pesar de las manifestaciones de la Santa Sede, a fines del siglo pasado y principios del presente, desfavorables a la opinión afirmativa del origen animal del cuerpo humano, sus adherentes eclesiásticos declarados han ido en aumento durante los últimos cuarenta años. Citaremos sólo algunos. El naturalista Ruschkamps S. J., quien declara en 1939 que está persuadido de su realidad; los abates P. M. Pirier y Humphrey, S. T. Jonson, quienes se esfuerzan en conciliar el origen animal con el dogma católico; el prehistoriador H. Obermaier; los profesores P. De Saint Seine S. J y E. Bone S. J. , quienes dan valor demostrativo a los argumentos paleontológicos; el cardenal Lienart en un artículo “Le chretien devant les progrès de la science”, publicado en “Etudes”, dic. De 1947”* (Ebel, 1952, pág. 566).

El filósofo, profesor de paleontología y geología en el Instituto Católico de París, sacerdote jesuita Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955), fue censurado por la Iglesia por intentar una síntesis de la Ciencia, filosofía y teología en una interpretación evolutiva del Cosmos, defendiendo la admisibilidad de la evolución biológica, incluyendo al ser humano, en el marco de la fe cristiana. Planteaba que la evolución del Universo se dirige hacia el punto Omega, lo cual consiste en unirse a Dios. El 30 de junio de 1962, el Santo Oficio promulgó un monitum (AAS 54, 1962, 526) al que L'Osservatore Romano dedicó al día siguiente un extenso comentario, aludiendo a siete deficiencias del sistema de Teilhard de Chardin, desde el punto de vista teológico (Auer, 1979, pág. 148). En opinión de los ultracreacionistas Giuseppe Sermonti y Roberto Fondi (1984, pág. 116, nota), *“Los libros del Padre Teilhard son testimonios enteramente personales de confuso misticismo, donde se puede encontrar de todo un poco: neodarwinismo mezclado a una extraña porma de lamarckismo psíquico, vitalismo bergsonianos transpuesto en un modernismo a lo E. Le Roy, panpsiquismo asociado a un devenirismo de tipo marxista, todo impregnado de un ingenuo optimismo frente a la ciencia y al progreso tecnológico futuro”*. Los libros y artículos filosóficos de Pierre Teilhard de Chardin solo pudieron ser publicados por amigos tras su muerte (Milner, 1995, págs. 607-610).

El 30 de noviembre de 1941, el Papa Pío XII, Eugenio María Giovanni Pacelli (1876-1958) manifestó ante la Academia Pontificia de Ciencias que el hombre es único por su alma y que Adán no pudo ser hijo de un bruto. En su Encíclica “*Humani Generis*”, del 12 de agosto de 1950, dejó a los católicos en libertad de aceptar o no las hipótesis evolucionistas, que las consideró serias, dignas de investigación y reflexión profunda: “*La Iglesia no prohíbe a los científicos y teólogos discutir e investigar acerca de la evolución, mientras la investigación se centre en descubrir si el cuerpo humano proviene de alguna materia viva existente – porque la Iglesia Católica cree en la inmediata creación del alma por Dios*” (Pío XII, 1950, pág. 17). En 1958, el acceso al pontificado de Angelo Giuseppe Roncalli (1881-1963), Juan XXIII, inició en la Iglesia Católica una etapa de renovaciones. El Concilio Vaticano II puso en crisis la metafísica tradicional e instaló una apertura hacia el evolucionismo y a una nueva teología. Bernard Delfgaauw (1912-1993) observó que cuando en 1959 se cumplió el centenario de “*El origen de las especies*”, no se produjo el espectáculo de científicos y teólogos ubicados en campos antagónicos: “*se observó cuán fecunda puede resultar una acción conjunta de la Ciencia positiva, la filosofía y la teología, pues siempre y en todas partes lo que importa por sobre todo es la verdad*” (Delfgaauw 1966, pág. 28).

El filósofo católico Xavier Xubiri plantea: “*Lo primero que hay que decir es que el hombre de que se ocupa la teología no es forzosamente el hombre de que se ocupan la paleontología, la prehistoria y la filosofía. A mi entender, para la ciencia, y para la filosofía misma, el hombre es, acabamos de verlo, el animal inteligente, respecto el cual el animal racional, el Homo sapiens, no es sino el estadio evolutivo final de aquél. Ahora bien, desde el punto de vista teológico, solo el estadio de Homo sapiens es el que cuenta; solo a él pertenece el hombre de que nos habla la teología*”.... “*Por consiguiente, toda la cuestión se reduce a preguntar dónde colocar en la evolución de la humanidad al animal racional; y dónde situar, dentro ya de éste, su elevación al estado teologal*” (Zubiri, 1964, pág. 173). El historiador Joseph Lortz (1887-1975) expresa que: “*Precisamente en este punto, en el que ya no caben evasiones, es donde los sectores religiosos han fallado en múltiples conceptos: en vez de dirigirse en contra del abuso de la idea evolucionista por parte del materialismo, se han emitido declaraciones contrarias a ese idea como tal. Se tomó partido contra Darwin, en vez de limitarse a rebatir al darwinismo. La iglesia no tuvo en cuenta que es perfectamente congruente con la sabiduría omnipotente de Dios conceder al “mundo”, creación suya, una aspiración “creadora y perfeccionista” dotada de una fuerza “ascendente” tal que, a través de millones y millones de años de evolución ininterumpida, la reacción llegue a término o a un grado de plenitud desconocido para nosotros y determinado por Dios mismo*” (Lortz, 1982, pág. 632).

En su *“Catequesis sobre la Creación”*, de 1986, el papa Juan Pablo II, Karol Wojtyła (1920-) escribe respecto al Génesis: *“Este texto tiene un alcance sobre todo religioso y teológico. No se pueden buscar en él elementos significativos desde el punto de vista de las Ciencias naturales. Las investigaciones sobre el origen y desarrollo de cada una de las especies “in natura” no encuentra en esta descripción norma alguna “vinculante” ni aportaciones positivas de interés sustancial. Más aún, no contrasta con la verdad acerca de la creación del mundo visible - tal como se presenta en el libro del Génesis -, en línea de principio, la teoría de la evolución natural, siempre que se la entienda de modo que no excluya la causalidad divina”*.

El libro *Voices for evolution* (Matsumura, 1995) incluye una colección de declaraciones de autoridades Católicas, Episcopales, Metodistas, de la Iglesia Unida de Cristo, Presbiterianos, de la Federación Luterana Mundial y de varios grupos judíos, en los que se manifiesta todo su respeto por la expresión de la ciencia y para la evolución biológica como la parte de la ciencia. Según Monroe W. Strickberger (1993), la sociedad mantiene una especie de tregua armada entre la religión y la Ciencia: salvo grupos muy minoritarios, la religión ha abandonado el origen de las especies y del ser humano en manos de los biólogos evolucionistas, por lo cual ha debido reinterpretarse la Biblia, ya sea ignorando la creación descrita en el Génesis, ya sea declarando que esta historia es alegórica. Sin embargo, la situación no es tan simple.

En julio de 1996, el Observatorio Vaticano asociado con el Centro para la Teología y las Ciencias Naturales basado en Berkeley, realizó una Conferencia Internacional sobre la evolución en Castel Gandolfo. Era la cuarta conferencia de una serie sobre la *“Acción Divina”*. Estas conferencias han reunido a científicos, filósofos, y teólogos. Los participantes consideraron tanto a la evolución biológica como la evolución del cosmos en su totalidad. Convinieron que, esencialmente, la perspectiva evolucionista es concordante con la visión cristiana del mundo. Los trabajos de esta conferencia se publicaron en un libro (Russell, Stoeger y Ayala, 1998). El 23 de octubre de 1996, Juan Pablo II se dirigió a los científicos de la Pontificia Academia de Ciencias, con motivo del 60 aniversario de su fundación, refiriéndose a la posición de la Iglesia sobre la teoría de la evolución: *“Hoy casi medio siglo después de la publicación de la encíclica, nuevos conocimientos llevan a pensar que la teoría de la evolución es más que una hipótesis. En efecto, es notable que esta teoría se haya impuesto paulatinamente al espíritu de los investigadores, a causa de una serie de descubrimientos hechos en diversas disciplinas del saber. La convergencia, de ningún modo buscada o provocada, de los resultados de trabajos realizados independientemente unos de otros, constituye de suyo un argumento significativo en favor de esta teoría”* (Juan Pablo II, 1997).

Francisco J. Ayala (1999, págs. 21-22) recoge la opinión de teólogos de acuerdo a los cuales *"la existencia y la creación divinas son compatibles con la evolución y otros procesos naturales. La solución reside en aceptar la idea de que Dios opera a través de causas intermedias: que una persona sea una criatura divina no es incompatible con la noción de que haya sido concebida en el seno de la madre y que se mantenga y crezca por medio de alimentos... La evolución también puede ser considerada como un proceso natural a través del cual Dios trae las especies vivientes a la existencia de acuerdo con su plan"*. En otra obra, (Ayala, 1989, pág. 23) expresa: *"Enseñar los relatos que aparecen en los libros religiosos como si se tratase de explicaciones científicas sólo sirve para entorpecer la educación, con graves perjuicios para la sociedad. En opinión de muchas autoridades religiosas, esa confusión puede perjudicar gravemente a la religión"*.

## 8.6. Movimientos antievolucionistas modernos en Estados Unidos

Los principales antievolucionistas actualmente activos son los "fundamentalistas", religiosos protestantes que han formado en Estados Unidos un grupo político de presión que sostiene que la Biblia es un texto exacto, y totalmente incompatible con las ideas evolucionistas, por lo tanto no puede ponerse en duda que las especies fueron creadas por Dios en su forma actual y de manera independiente unas de otras. En otras palabras, creen que la Sagrada Escritura debe ser interpretada de manera literal, como si se tratara de un texto científico, dando origen a una pseudociencia. Estos grupos predominan en los Estados del Sur, especialmente en las iglesias bautista y metodista, y en dos sectas derivadas, los Adventistas del Séptimo Día y la Iglesia Pentecostal.

El conflicto entre religión y ciencia tiene sus raíces en los orígenes de los Estados Unidos, desde 1620, cuando llegaron los primeros colonizadores de Boston y Nueva Inglaterra, los "peregrinos" (*pilgrims*), fugitivos de Inglaterra y Holanda, países donde les perseguía por sus creencias religiosas fundamentalistas (Ayala, 1999a). El movimiento antievolucionista resurgió en 1910 y se dio a conocer a través de una serie de panfletos publicados por una organización denominada *Los Angeles Bible Institute* (Mariner, 1977, pág. 7). Sin embargo, la oposición organizada al evolucionismo fue escasa hasta el inicio de la década de 1920, cuando los *Cristianos Fundamentalistas*, liderados por William Jennings Bryan (1860-1925), abogado Presbiteriano y tres veces candidato a la presidencia de EE.UU., decidieron oponerse a la pérdida de valores morales asociados al modernismo, e iniciaron una "cruzada antidarvinista" para eliminar la enseñanza de la evolución biológica de las escuelas públicas (Numbers, 1999, pág. 3; Ruiz y Argueta, 2000).

En Estados Unidos la educación es responsabilidad de cada Estado, que independientemente desarrolla sus estándares científicos a través de los Consejos de Educación estatales, con excepción de Iowa, donde se establecen en el nivel de distritos locales. Hacia el final de esa década, la mayoría de las legislaciones norteamericanas habían introducidos proyectos de ley de tipo antievolucionista (en Texas, en 1923, 1925 y 1929; en Florida en 1923, 1925 y 1927; en Carolina del Norte en 1925 y 1927; en Tennessee en 1925 y 1927, etc.) y algunos se convirtieron en leyes en cinco estados del Sur (Arkansas, Florida, Mississippi, Oklahoma y Tennessee). En 1925, Tennessee fue el primer Estado de la Unión que prohibió la enseñanza de la evolución (Larson, 1985, pág. 3). Entre 1922 y 1929, en 37 estados se promulgaron leyes que prohibían la enseñanza de la evolución (Molina, 1992, pág. 146). George Gaylord Simpson (1961b) expresa: *“Este prejuicio irracional es un problema, y uno muy serio, para nuestro sistema educativo y para el sueño entero de desarrollar la ciudadanía culta sobre cual depende el ideal de democracia”*. A principios del año 2001, existían grupos activos presionando contra la enseñanza de la evolución biológica en Louisiana, Arkansas, Idaho, Michigan, Montana, Nebraska, Oklahoma, Pennsylvania y Washington (Glanz, 2001).

Con la aplicación de una de las leyes antievolucionistas, llamada Ley Butler, entre el 10 y el 15 de julio de 1925 el Estado de Tennessee se produjo el *“juicio del mono”*, en el que se llevó ante un tribunal al profesor John Thomas Scopes (1900-1970) acusado de enseñar la doctrina evolutiva en una escuela pública de Dayton el 24 de abril de 1925 (Allen, 1925; Cole, 1959; Scopes y Presley, 1967; Wendt, 1968, págs. 283-284; Szasz, 1971; Grabiner y Miller, 1974; Mariner, 1977, pág. 7; Cole, 1983; Waggoner, 1984; Gould, 1984, págs. 281-297; Arbetman y Row, 1985; Larson, 1997; Valerani, 2000, pág. 109; Moore, 2002; Moran, 2002; Olson, 2004).

Este famoso juicio fue llevado al cine en la película *“Inherit the Wind”* (*“Heredarás el viento”*), con Spencer Tracy. En la ley Butler, se manifestaba: *“Será ilegal para cualquier profesor en cualquiera de las universidades, escuelas normales o cualquiera otra escuela pública del Estado... enseñar cualquier teoría que niegue el relato de la creación divina del hombre tal y como se nos enseña en la Biblia, para sostener en su lugar que el hombre descende de un orden de animal inferior”* (Thuillier, 1981, pág. 624; Milner, 1995, pág. 104). En defensa de John Scopes, la Unión Americana de Libertades Civiles (ACLU), envió desde la ciudad de Nueva York a un equipo de juristas encabezados por un afamado y temido abogado agnóstico de Chicago, Clarence Darrow (1857-1938). Acusador en el juicio fue el político y orador William Jennings Bryan (1860-1925), líder de una cruzada antievolucionista, tres veces nominado como candidato demócrata a la Presidencia de Estados Unidos y Secretario de Estado durante un período (Koenig, 1971; Newell, 1985, pág. 10).



El juicio fue una farsa, porque tanto la población local como el juez eran antievolucionistas. El juez desestimó los argumentos sobre los temas esenciales de la evolución biológica y la creación bíblica (Burnie, 2000, pág. 186), y se negó a que subiesen científicos al estrado a discutir el tema, limitándose a determinar si el profesor John T. Scopes había enseñado o no la Evolución (Asimov, 1960, págs. 48-49). En el momento culminante, William Jennings Bryan, experto en la Biblia y religión, aceptó ser interrogado por Clarence Darrow, quien pronto lo puso en ridículo al demostrar que Bryan era absolutamente ignorante respecto a la naturaleza y desarrollo de la Ciencia y que carecía de conocimientos relativos a religiones diferentes de la propia. John T. Scopes fue declarado culpable y condenado a pagar una multa de 100 dólares, fue a la Universidad de Chicago y se hizo geólogo, trabajando para la industria del petróleo (Gould, 1984, pág. 293).

Tras el “proceso del mono”, el fundamentalismo quedó desacreditado y William Jennings Bryan, deshecho, falleció cuatro días después de terminado el juicio (Milner, 1995, pág. 562-564; Alemañ, 1996, pág. 27; Numbers, 1999, pág. 78-79). El 14 de enero de 1927, la Corte del Estado redujo la multa de Scopes a un solo dólar y manifestó que no era conveniente prolongar el caso. La ley no volvió a aplicarse, sin embargo se mantuvo vigente durante más de cuarenta años y los directores de colegios y editores a través de todo Estados Unidos comenzaron una eficiente purga del evolucionismo de la enseñanza de la biología, eliminándose, tergiversándose o reduciéndose el tema evolutivo de clases y en los textos de estudio durante décadas (Lewin, 1984; Harris, 1985, pág. 31; Rosenthal, 1985, pág. 639-641; Mills, 1993; Smith, Siegel y McInerney, 1995 pág. 26; Moore, 2000). Hacia 1942, la mitad de los profesores norteamericanos de enseñanza media de Ciencias excluía de sus clases cualquiera mención de la teoría de la evolución, y una encuesta realizada en 1944 señaló que en los estados de la antigua Confederación, “*de la tercera parte a la mitad de los maestros y profesores no se atreven todavía a hablar con libertad en la clase de la teoría de la evolución*” y cuando se le mencionaba se exponía “*en forma diluida*” (Wendt, 1968, pág. 284).

Estos conflictos, que habían ido desapareciendo gradualmente, resurgieron desde la década de 1950. Cuando se dio a conocer el curso Biological Sciences Curriculum Study, que consideró a la evolución como materia central de la Biología moderna, inmediatamente surgieron las protestas, así como por un texto de Ciencias sociales, “*Man as a Course of Study*”, en el que se analizaban los cambios en las relaciones sociales humanas (Strickberger, 1993; Numbers, 1999, pág. 4). En Texas, el reverendo Ruel Lemmons, de la Iglesia de Cristo, protestaba ante el gobernador John Bowden Connally Jr. (1917-1993) diciendo que estos libros eran “*evolucionismo de cabo a rabo, es decir, completamente materialistas y absolutamente ateos*” (Thuillier, 1981, pág. 627).

Al celebrarse en 1959 el centenario de “*El Origen de las Especies*”, dos evangélicos conservadores, John C. Whitcomb, profesor de teología del Seminario Teológico Gracia, y Henry M. Morris, Presidente del Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Politécnico de Virginia, redactaron un manuscrito que tuvo enorme influencia en el moderno movimiento creacionista. Fue publicado en 1961 por la editorial Baker Books como “*The Genesis Flood*” y traducido al castellano como “*El diluvio del Génesis*” (Whitcomb y Morris, 1982). Tal fue el reinicio de las campañas que desde entonces sostienen los grupos fundamentalistas norteamericanos contra la enseñanza pública de la evolución biológica en Estados Unidos. En 1963, el genetista Walter E. Lammerts (1904-1996) y el ingeniero hidráulico Henry M. Morris organizaron en California la “*Sociedad para el Estudio de la Creación*” y en 1972 formaron la “*Sociedad para la Investigación de la Creación*”, cuyo director asociado es Duane T. Gish. Autodenominándose “*Creacionistas Científicos*”, entablaron batallas jurídicas contra la enseñanza de la Biología evolucionista en las escuelas norteamericanas.

En 1963, dentro del proyecto de renovación de enseñanza, se organizó en Estados Unidos un curso de antropología para alumnos secundarios en el que se reflexionaba sobre el origen evolutivo de pautas de conductas humanas que podrían interpretarse como tendientes a la supervivencia. La Sociedad John Birch, de extrema derecha, reaccionó acusando a este programa de inmoral, porque socavaría las bases de la moral judeocristiana al presentar al ser humano como un animal más, lo cual a su juicio desembocaría en el comunismo. En el texto del curso *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) se tuvo que especificar que la evolución biológica es una teoría, no un hecho, y que había sido modificada, no consolidada, por las investigaciones recientes. Amenazaron a los padres partidarios del proyecto y debieron intervenir en el litigio las más altas instancias federales (Alemañ, 1996).

En 1968, el Tribunal Supremo de los Estados Unidos declaró inconstitucionales todas las leyes antievolucionistas, fundamentándose en la Primera Enmienda de la Constitución, que garantiza la separación entre religión y Estado. La ley antievolucionista de Tennessee fue revocada en 1967, luego que el Consejo de Educación del Condado de Campbell despidiera a un profesor en abril de ese año (UPI, 1967) y al año siguiente la Ley antievolucionista vigente en Arkansas desde 1928, que impedía enseñar el origen humano a partir de “*un orden inferior de animales*” en escuelas públicas y universidades, fue declarada inconstitucional por el Tribunal Supremo de los Estados Unidos, luego que fuese puesta en tela de juicio por la profesora Susan Epperson, despedida de su trabajo por las autoridades educativas acusada de utilizar en una escuela de Little Rock un libro de texto que incluía la teoría de la evolución.

Tras ser exonerada, la profesora Epperson sostuvo que no se puede enseñar Biología debidamente sin considerar la evolución, y recurrió a la justicia (Irons, 1994). El caso se discutió el 6 de octubre de 1968 y la Corte Suprema falló el 12 de noviembre de 1968, le dio la razón, declarando: *"La prohibición fue producto del fundamentalismo religioso de los años 20. Arkansas tiene derecho a determinar los contenidos de la enseñanza en las escuelas públicas, pero eso no le da derecho a prohibir una teoría científica. Hacerlo es violar la libertad de expresión, que está en la primera enmienda de la Constitución"*.

Los fundamentalistas cambiaron su estrategia y comenzaron la campaña por la *"igualdad de tiempo"* y el *"tratamiento equilibrado"* (Mariner, 1977), presentaron a la creación como una teoría científica y a la evolución como un dogma de la *"religión humanista"* (Morris, 1977; Moore, 2000). Exigieron igualdad de tiempo para la *"Ciencia de la Creación"* en clases de Ciencias de las escuelas públicas (aunque contradiciendo sus planteamientos, obviamente no pidieron igualdad de tiempo para la enseñanza de la *"religión de la evolución"* en los cursos de religión!). En 1969, el ingeniero Vernon Grose afirmó ante las autoridades educacionales que la teoría evolutiva es negativa y que debe ser enseñada solo si se presentan opiniones alternativas. Convenció al Consejo Estatal de Educación de California, que en 1970 publicó algunas instrucciones para que los profesores, al explicar el origen de la vida, diesen cabida a la *"Ciencia creacionista"*, disposición rechazada por la Asociación Nacional de Profesores de Biología (NABT), la Academia Nacional de Ciencia y el Senado Académico de la Universidad de California. En 1971, en Columbus (Ohio), el Consejo Estatal de Educación emitió una resolución a favor de enseñar la *"creación especial"*.

Durante la campaña presidencial de 1980, Ronald Reagan (1911-) expresó ante el grupo conservador *"Mayoría Moral"*: *"Tengo grandes dudas sobre la evolución. Pienso que los descubrimientos recientes han puesto de manifiesto grandes defectos en ella"* (Sequeiros, 1992, pág. 26), y agregó: *"Dondequiera que haya darvinismo en las escuelas públicas también se debería enseñar la historia bíblica de la Creación"*. En 1980 se presentaron iniciativas para enseñar el relato bíblico de la creación con las teorías biológicas en 14 estados de Estados Unidos. En 1982 el presidente Ronald Reagan afirmó en una asamblea de cristianos fundamentalistas que la evolución es *"sólo una teoría (que) la comunidad científica no considera tan infalible como se creía en otros tiempos"* (Milner, 1995, pág. 551) y estuvo de acuerdo con la tesis de la *"igualdad de tiempo"* y el *"tratamiento equilibrado"* (Ruse, en Cherfas, 1983, págs. 8, 10). Ronald Wilson Reagan es un ferviente creyente en otras pseudociencias, como la astrología, baste recordar que sus citas importantes como presidente las fijaba la astróloga Joan Quigley (Gardner, 2001, pág. 216).

A comienzos de 1981, Kelly Segraves (1942-), director del “*Centro para la Investigación Científica de la Creación*” de San Diego, y autor del libro “*The Great Dinosaur Mistake*”, presentó una demanda judicial contra el Estado de California en la que planteó que el evolucionismo es una “*religión secular vergonzante*” cuya enseñanza viola la libertad religiosa. El juez Irving H. Perluss, de la Corte Superior de California, consideró injustificada la demanda en un veredicto hecho público el 6 de marzo de 1981 (Pierce, 1981), pero ordenó en su sentencia que se difundiera en todo el Estado un texto en el que se previene a los profesores contra todo “*dogmatismo*”. En Louisiana, la legislatura estatal aprobó en 1981 la ley 685 que exigía que si en las escuelas públicas se enseñaba “*Ciencia evolucionista*”, debían dar un trato equilibrado presentando la “*Ciencia creacionista*” (Johnson, 1995, pág. 11). La batalla legal sobre la controversia entre la creación y la evolución se centró en los contenidos de los libros de texto, ya que los libros de texto usados en ese estado se les objetó que presentaban solamente la evolución y se sostuvo que representaban la influencia más tangible sobre el contenido de los cursos (Larson, 1985, págs. 7-8). Debido a esto, algunas editoriales y autores de textos comenzaron a proteger sus intereses, agregando la aclaración de que la evolución es solamente una teoría. En algunos libros la evolución se siguió describiendo, pero sin darle un nombre, y se eliminaron temas como el registro fósil. Muchos profesores de las escuelas públicas en Estados Unidos se sienten intimidados por la controversia, y prefieren omitir el tema.

El 19 de marzo de 1981, el gobernador del Estado de Arkansas, Frank D. White (1933-2003), firmó el decreto-ley de Arkansas Acta 590 de 1981, conocido como “*Ley del Tratamiento equilibrado de la Ciencia de la Creación y la Ciencia de la Evolución*”, que exigía a los profesores de Biología del Estado que al tratar las teorías evolucionistas debían enseñar en idéntico tiempo la “*Ciencia de la creación*”, según Futuyama (1995, pág. 9) como consecuencia de las presiones ejercidas por un grupo creacionista denominado “FLAG” (“*Family, Life, America under God*”). La recusación de esta ley del tiempo igual fue presentada en 1981 por 23 organizaciones, entre ellas la Asociación Nacional de Profesores de Biología, las Iglesias católica romana, metodista unificada, presbiteriana, episcopal y otras, el Comité Judío Americano y la Unión Americana de Libertades Civiles. Estas instituciones reunieron un equipo de expertos, que incluía a juristas, teólogos, científicos y educadores, encabezados por el reverendo Bill McLean, para probar que la llamada “*Ciencia de la creación*” no es Ciencia sino religión fundamentalista dogmática. Entre los testigos que apoyaban al evolucionismo se encontraban los paleontólogos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould (1941-2002), el filósofo de la Ciencia Michael Ruse (1940-), el bioquímico Harold J. Morowitz (1927-) y los teólogos Dr. Langdon Brown Gilkey (1919-) y Bruce Vawter, entre otros.

El juicio se entabló contra el Departamento de Educación de Arkansas, con el fin de prohibirle aplicar una ley inconstitucional. La ACLU obtuvo una victoria aplastante, y el 5 de enero de 1982 el juez del distrito federal, William R. Overton rechazó la ley por declararla inconstitucional en *Mc Lean contra Arkansas Board of Education*, 529 E. Supp. 1255 (Overton, 1982; Johnson, 1995; Gilkey, 1998). El juicio fue apodado popularmente como “*Scopes II*” (Burnie, 2000, pág. 186). Roger Lewin comentó: “*El testimonio combinado de los testigos científicos de los creationistas no era, según se ha reconocido, impresionante. Cualquier persona que esperara un cuerpo científico que estuviese fundamentado con igual fuerza contra la Biología evolutiva convencional, la geología, la química y la física, se habría decepcionado*” (Lewin, 1982, pág. 146).

Para dar credibilidad a su posición, los “*creacionistas científicos*” mezclan pasajes bíblicos con especulaciones catastrofistas basadas en tradiciones y argumentos pseudocientíficos, utilizando por ejemplo a las fantasías de Immanuel Velikovsky (1895-1979), psiquiatra aficionado a la historia (Velikovsky, 1955; Goldsmith, 1977; Gould, 1983a, págs. 173-180; Newell, 1985, págs. 25-26; Milner, 1995, págs. 629-630). El antievolucionista Hans-Joachim Zillmer escribe: “*Coincido con Velikovsky en que este escenario realmente se dio y que el hielo que actualmente cubre las regiones polares se formó a raíz de una catástrofe global*” (Zillmer, 2000, pág. 107).

En 1981-1982 se presentó en Louisiana una causa similar relacionada con la ley de tratamiento equilibrado (ley 685), y el 8 de julio de 1985 el Quinto Tribunal Federal de Apelaciones de Estados Unidos dictaminó contra dicha ley. En 1987 el Tribunal Supremo de los Estados Unidos retiró la última de las leyes de “*tiempo igual para la Ciencia de la creación*”. Sin embargo, en noviembre de 1995, el Consejo de Educación de Alabama ordenó que todos los textos de Biología para las escuelas públicas debían incluir la siguiente “advertencia”: “*Este texto discute la evolución, una teoría controvertida que algunos científicos presentan como una explicación científica del origen de los seres vivos, tales como las plantas, los animales y el hombre. Nadie estuvo presente cuando la vida apareció por primera vez en la Tierra. En consecuencia, cualquier afirmación sobre los orígenes de la vida debe ser considerada una teoría, no como un hecho*” (Scott, 1996; Christensen, 1998), y usando sus fondos discrecionales, el gobernador de Alabama en marzo de 1996 envió a todos los profesores de biología una copia de un libro, “*Darwin on Trial*” (Johnson, 1995), escrito por el antievolucionista Phillip E. Johnson.

En marzo de 1996, la legislatura del Tennessee discutió y en última instancia rechazó una exigencia de que ningún profesor o administrador en una agencia de educación local enseñen la teoría de evolución excepto como una teoría. Cualquier profesor o administrador que enseña tal teoría como el hecho cometería una insubordinación” (Tennessee HB 2972/SB 3229, 1996). El mismo año, en el Estado de Georgia se rechazó por votación una enmienda a un proyecto de la ley sobre educación que sugería que los Consejos locales de educación establecieran cursos opcionales en creacionismo y que *“como la parte de cualquier plan de estudios de ciencia en el que enseñan los orígenes de la vida y de los seres vivos, incluyendo los orígenes de género humano, los profesores tendrán el derecho de presentar críticas de todas las teorías científicas sobre tales orígenes y todos sus aspectos, incluyendo sin restricción las teorías científicas diferentes al evolucionismo”*.

La derrota más aplastante a la tentativa legislativa de asegurar el *“tratamiento equilibrado”* de la *“ciencia de creación”* y la evolución, se produjo con la decisión de la Corte Suprema de Estados Unidos en 1987, en el juicio de Edwards vrs. Aguillard. En una decisión de 7-2, el tribunal estuvo de acuerdo con el tribunal inferior en que el Estatuto de Louisiana no *“sirvió para proteger la libertad de cátedra, sino tiene el objetivo claramente diferente de desacreditar la evolución contrapesando su enseñanza en todo momento con la enseñanza de la ciencia de la creación”*. Así el estatuto violaba una la Cláusula de la Primera Enmienda de la Constitución de Estados Unidos (Smith, Siegel y McInerney, 1995 pág. 27; Working Group on Teaching Evolution, 1998, pág. ix, nota). La mayoría de los magistrados votaron contra la *“Ley de Tratamiento Equilibrado”* de Louisiana, que ordenaba a los profesores de ciencias enseñar la *“ciencia de la creación”* como alternativa a la evolución.

La Corte declaró que era anticonstitucional por *“promover una creencia religiosa particular”*, la idea de que un ser sobrenatural creó a la humanidad. El magistrado Lewis Powell escribió que en opinión de la mayoría de la Corte: *“La Primera Enmienda no permite que el Estado requiera que la enseñanza y el aprendizaje se ajusten a los principios y prohibiciones de ninguna secta o dogma”*. La opinión discrepante, escrita por el magistrado Antonin Scalia, dijo que imponer la enseñanza de la *“ciencia de la creación”* no es imponer la enseñanza de creencias religiosas puesto que de acuerdo con las declaraciones juradas de *“expertos”*, la *“ciencia de la creación”* es un *“conjunto de conocimientos científicos”* y que tienen *“información científica para apoyar la teoría de que el universo físico y la vida aparecieron repentinamente y que no han cambiado sustancialmente desde su aparición”*.

En 1999, líderes en la comunidad científica estadounidense expresaron su consternación por la opinión de los candidatos presidenciales, el Gobernador de Texas George W. Bush y el Vicepresidente Albert Gore, de apoyar la enseñanza del creacionismo en las escuelas públicas. En el mismo año, el sondeo de opinión de Gallup confirmó que los ciudadanos estadounidenses estaban de acuerdo con aquella política por una importante mayoría ([http://www.gallup.com/subscription/?m=f&c\\_id=10411](http://www.gallup.com/subscription/?m=f&c_id=10411)). Además del actual presidente de Estados Unidos, George W. Bush, algunos miembros importantes de su gobierno han manifestando públicamente que son antievolucionistas, tales como el secretario de Justicia, John Ashcroft y el líder de los congresistas republicanos, Tom Delay (Skybreak, 2003).

El 11 de agosto de 1999, el Consejo de Educación del Estado de Kansas, por seis votos a favor y cuatro en contra, acordó suprimir cualquier mención sobre la teoría del Big Bang, la edad de la Tierra y la teoría de la evolución biológica de los programas de las escuelas públicas (Johnson, 1999; Antolin y Herbers, 2001). Acordaba *"ponderar o desacentuar la mención a la Teoría de la Evolución en los salones de clase, con la finalidad de incluir otras teorías y conceptos, incluyendo visiones ligadas a las creencias bíblicas"* (Ruiz y Argueta, 2000), cubriendo los currícula de la enseñanza básica y secundaria, y su eliminación como requisito para los exámenes estandarizados para todo el estado de Kansas. La decisión se basó en la libertad que tienen las juntas educativas estatales para modificar los currícula de enseñanza.

El Dr. Maxine Singer, Presidente de la Institución Carnegie de Washington, escribió: *"La evolución es el armazón que le da sentido a todo el mundo natural, desde la formación de los átomos, galaxias, estrellas y planetas, al virus del SIDA, a los gigantescos árboles de corteza roja y a nuestra propia salud y bienestar... Dorothy tuvo suerte porque el Mago de Oz era inteligente. Los magos del Consejo de Educación del Estado de Kansas se ven absurdos en comparación"* (Washington Post, 18 de agosto de 1999, citado por DeVore, 2003). George Johnson (1999) comentó: *"Implica que, en Kansas, los estudiantes pueden considerarse educados si aprenden a aceptar sólo lo que es directamente evidente a sus sentidos o lo que ellos confían en que fueron observados por testigos competentes – con la excepción de lo que ellos creen porque es decretado por su religión particular. Llevado al extremo, esto podría eliminar no sólo las teorías vigentes de la biología y la cosmología sino casi toda la ciencia, incluyendo la teoría atómica de la materia y el modelo heliocéntrico del sistema solar"*.

Sin embargo, en nuevas votaciones del Consejo de Educación del Estado de Kansas, efectuadas el 7 de noviembre de 2000, fueron candidatos cuatro de los seis votantes a favor de esa decisión, pero tres de ellos no fueron reelegidos, por su oposición a la enseñanza de la evolución. En febrero de 2001, el nuevo Consejo de Educación votó restituir la enseñanza de la evolución en las escuelas y colegios del Estado (Ayala, 2002). El nuevo plan de estudios fue dirigido en parte por recomendaciones de la National Academy of Sciences, de la American Association for the Advancement of Science, y la National Science Teachers Association. El nuevo plan de estudios también incluye una definición de la ciencia como actividad que las explicaciones "naturales" de las búsquedas para las observaciones, mientras que la definición 1999 había mencionado solamente explicaciones "lógicas".

En Texas, la Junta directiva de la *Science Teachers Association of Texas* (Asociación de Profesores de Ciencias) elaboró un documento en apoyo de la enseñanza de la evolución biológica el 15 de marzo de 1995, aprobado por la Sociedad para el Estudio de Evolución en junio de 1998 y por la Asociación Americana de Antropólogos Físicos en julio de 1998 (<http://www.statweb.org/positions/STATEvolution.html>). En ese estado se formó el grupo "*Texans for Better Science Education (TBSE)*", que se define como "*grupo de preocupados ciudadanos texanos que apoyan el derecho de todos los estudiantes para aprender acerca de las fortalezas y debilidades de la teoría de la evolución, libre de intimidación y censura, como lo requiere la ley del estado soberano de Texas*" (<http://www.strengthsandweaknesses.org/spanish/#1>). En Ohio, los miembros conservadores del Consejo de Educación están tomando una estrategia distinta, dejar la evolución biológica en los planes de estudio pero obligando a que se entreguen explicaciones "*científicas*" alternativas, especialmente la teoría del "*diseño inteligente*" (*The New York Time*, 17 marzo 2002).

Aunque los creacionistas han perdido los juicios legales en la controversia creacionismo-evolución, en algunos Estados una alta proporción de profesores de biología mantiene puntos de vistas antievolucionistas (Osif, 1997; Christensen, 1998; Aguillard, 1999; Weld y McNew, 1999; Moore, 2000). El creacionismo fundamentalista se enseña en muchas escuelas públicas, abiertamente como creacionismo bíblico o bajo formas disimuladas calificadas eufemísticamente como "*evidencias contra la evolución*" o como "*teoría del diseño inteligente*" (Bunk, 1998; Moore, 2000). Sin embargo, la "*teoría del diseño inteligente*" no es más que una forma intelectualmente más sofisticada de lo mismo, basada en discusiones filosóficas acerca de sistemas supuestamente "*irreductiblemente complejos*" y de la aplicación errónea de la teoría de las probabilidades de la generación al azar del diseño (Pigliucci, 2000; Pigliucci, 2002).



En 1977, el presidente de la Universidad Estatal de Michigan aceptó que el profesor John Newton Moore, fundador de la Sociedad para la Investigación de la Creación, dictara un curso de “*creacionismo científico*”. En un estudio realizado en Pennsylvania se concluyó que cerca del 40% de los profesores de colegios superiores estaban de acuerdo con la enseñanza del creacionismo en las escuelas públicas y el 20% de los profesores de ciencias no acepta que la evolución sea un principio central de la Biología (Osif, 1997). En Louisiana, de 387 profesores de Biología, 24% aceptaban el creacionismo, y 29% opinaron que era apropiado estudiarlo en clases de Biología en enseñanza media (Christensen, 1998). Los grupos creacionistas fundamentalistas fanáticos están actualmente muy bien organizados y disponen de muchos recursos económicos, lo cual les permite realizar enormes campañas, publicar cientos de libros y organizar numerosos debates ampliamente promovidos. Mencionan textos de antiguos y respetables científicos fuera de contexto, en algunos casos hábilmente manipulados, recortados o mal traducidos, confunden términos y malinterpretan conceptos, mantienen aparentes contradicciones y fallas en el evolucionismo, y pretenden que discusiones técnicas acerca de ciertos aspectos del mecanismo evolutivo pongan en tela de juicio el propio proceso de la evolución biológica. Mantienen tozudamente sus mismos argumentos, a pesar de que sus errores han sido corregidos públicamente por los especialistas en la materia con los que han debatido (Arthur, 1996).

Los antievolucionistas exigen que los argumentos respecto a la evolución sean científicos, pero por otra no aceptan el método científico, que demuestra la realidad de la evolución. Como señala Steven M. Stanley, “*desgraciadamente, el debate formal orquestado por los creacionistas enfrenta, por su propia naturaleza, la metodología de la ciencia con la divulgación de las ideas científicas. Puesto que conceptos tales como el de evolución sólo pueden conseguir un apoyo sólido mediante la verificación de sus predicciones en muchos campos y a lo largo de muchos años, aceptarlos como algo próximo a la verdad requiere conocimientos considerables*” (Stanley, 1986, pág. 215). A partir de estudios realizados en Estados Unidos (Georgia, Kentucky, Ohio) se concluye que entre 12% y 29 % de profesores recibió presiones antievolucionistas de padres, ministros, o administradores (Smith, Siegel y McInerney, 1995 pág. 27), y otras investigaciones demuestran que la presión por erradicar la enseñanza de la evolución biológica en Estados Unidos está aumentando (Gillis, 1994; Scott, 1996). Randy Moore, profesor de Biología de la Louisville University en Kentucky y Editor de *The American Biology Teacher*, opina: “*Los creacionistas son más poderosos que antes. Ellos están ganando, no en términos de procesos legales, sino en lo que sucede en las salas de clases. Recibo entre tres y cinco llamadas telefónicas semanales de profesores con problemas*” (en Christensen, 1998).

Si se comparan textos antievolucionistas de hace unos diez o quince años con los más recientes, se puede concluir que en general en los últimos años los ultracreacionistas han adoptado la estrategia de reconocer que efectivamente la selección natural produce cambios en las poblaciones, que grupos de organismos tienen un origen común, y han dejado de poner en duda que tales cambios han ocurrido en los ejemplos clásicos, como la melanización de la mariposa inglesa *Biston betularia* o el origen común de los diferentes “pinzones de Darwin”. Así por ejemplo puede comprobarse en textos tales como los de Wieland (1994, pág. 24: “La “naturaleza” también puede “escoger” a unos y rechazar a otros. En un medio determinado, algunos tendrán más posibilidad de sobrevivir que otros y por ello de transmitir la información de que son portadores”), Behe (1999, pág. 53: “En pequeña escala, la teoría de Darwin ha triunfado; ahora es tan poco controvertida como la afirmación de que nuestro vecino podía saltar una zanja de un metro”), Muncaster (2000, pág. 9: “Virtualmente todas las personas bien informadas que creen en la Creación, aceptan el concepto de microevolución. Es parte de la sorprendente programación de Dios que permite adaptarse a las especies a las circunstancias cambiantes, como en el ejemplo de la mariposa pimienta”); Weston y Wieland (2001, pág. 17: “Los creacionistas, sin embargo, mientras que aceptan que todos los osos de hoy probablemente descenden de una sola clase de oso..”).

La novedad está en cambiar el concepto de especie a su arbitrio, y negar que esto sea evolución, de manera que todos los osos forman una especie, todos los pinzones de Darwin otra especie, etc. (lo cual de paso les ayuda tener que justificar una menor “arca de Noé”), y la verdadera evolución sería solamente transespecífica e inexistente. Es importante tener esto en cuenta, porque los textos de estudio suelen centrarse en el proceso evolutivo en el nivel de la microevolución, que los actuales antievolucionistas no cuestionan.

Otra estrategia que han adoptado los antievolucionistas es evitar las referencias al Libro del Génesis bíblico, disimulando con ello el origen religioso a su oposición al evolucionismo (Witham, 1997). Luego de perder en los diversos tribunales estatales, la nueva táctica es tratar que el gobierno federal promulgue una ley que imponga el “creacionismo científico” en todo el país (Skybreak, 2003). Mientras los grupos de “creacionistas científicos” han existido desde hace décadas, las agrupaciones pro-evolución organizadas políticamente son más recientes, pero han crecido rápidamente (Park, 2000).

## 8.7. El antievolucionismo fuera de Estados Unidos

La situación de la enseñanza de la Biología en Estados Unidos no es algo excepcional, pues también existen grupos fundamentalistas en Europa, aunque allí esta pseudociencia ha tenido menor acogida, de manera que la controversia entre evolucionismo y creacionismo fundamentalista ha tenido mucha menor fuerza en Europa. En la Europa luterana se ha permitido un análisis de las escrituras bíblicas que permitió que las ideas científicas se incorporaran sin dificultades en un esquema más liberal que el de los "evangélicos", partidarios de la lectura literal de la Biblia.

La reforma religiosa de la Iglesia Católica, que se convirtió en contrarreforma al combatir a las iglesias protestantes, llevó a la incorporación de las teorías evolutivas en la teología, de manera que los católicos admiten la evolución como mecanismo válido para explicar la vida, manteniendo algunos "*momentos de intervención divina*" en relación con la aparición de la vida y el origen del ser humano. Según las encuestas del Proyecto Planeta de las Naciones Unidas, en promedio, sólo un 13% de los europeos cree que el hombre ha sido creado directamente por Dios, frente a un 87% que opina que "*viene del mono*" (Armentia, 2002). Massimo Pigliucci (1997) se asombró de la situación en los E.E.U.U., después de conocer solamente a un creacionista en muchos años trabajando en Italia. K. Devlin (1999) narró sus experiencias con *estudiantes "extremadamente instruídos y extensamente leídos"* en relación con el antievolucionismo en los E.E.U.U. y afirma que "*nada que lo que usted haya experimentado en el Reino Unido le habrá preparado para esto*".

Sin embargo, algunas sectas fundamentalistas se han extendido por todo el mundo desde Estados Unidos, como los Testigos de Jehová y los Mormones. En los últimos años, el movimiento creacionista estadounidense, apoyado por grandes recursos económicos y mucha publicidad, se ha ido expandiendo internacionalmente y ganando cada vez más adeptos (Sinclair y Pendarvis, 1998; Matthews, 2001; Moore, 2001). López-Fanjul y Toro (1987, pág. 39) advierten que las obras de Henry M. Morris se han traducido al alemán, coreano, chino, checo, español, francés, holandés, japonés, portugués y ruso. Basta navegar por Internet para apreciar la enorme campaña montada al respecto. De manera que la campaña antievolucionista que antiguamente correspondió a un movimiento marginal estadounidense, se ha transformado en los últimos años y ha dejado de ser exclusivo de los fundamentalistas, incorporando a muchos grupos conservadores e incluso a científicos, modificando además sus estrategias (Molina, 2001).

Una de estas estrategias es la propuesta del “*diseño inteligente*”, iniciada en 1984 por tres científicos protestantes, Charles B. Thaxton, Walter L. Bradley y Roger L. Olsen (Numbers, 1999, pág. 15), desarrollada por el filósofo y matemático William Dembski, y popularizada especialmente por el libro “*La caja negra de Darwin*”, del bioquímico católico Michael Behe, cuya edición en español se publicó en Chile (Behe, 1999), ampliamente divulgado por los antievolucionistas. Básicamente afirman que los seres vivos son sistemas tan complejos que no pueden haber surgido mediante evolución, y que no hay evidencias de la evolución en el nivel molecular, lo cual evidentemente no es cierto puesto que hay incluso libros sobre el tema de la evolución molecular (por ejemplo, Wen-Hsiung Li, 1997).

En España, Paulino Canto Díaz publicó en 1996 el libro “*Evolución, ¿mito o fraude?*”, en el que se plantean ideas análogas a las de los fundamentalistas norteamericanos contra la evolución. Hacia el final del libro, Canto Díaz concluye, justificando el título (Canto, 1996, pág. 340): “*Estos y muchos otros interrogantes nos conducen , a mi entender, más que a un desconcertante dilema, a una penosa sobre opción: descartada, desde el sentido común y desde la evidencia científica, la pretendida certeza de la Evolución de las Especies por Selección Natural, tanto en su concepción original como en sus diversas formas actuales, deudoras de aquella, tal teoría no puede ser considerada más que como un Mito o como un auténtico Fraude*”. El mismo autor, que según su biografía estudió Filosofía, Derecho, Economía, Ictiología e Ictiopatología (véase por ejemplo <http://www.librosenred.com/paulinocantodiaz.asp>), publicó recientemente un segundo texto, sobre el origen no evolutivo del ser humano (Canto, 2003). En la misma línea, también en España, existe el Servicio Evangélico de Documentación e Información, SEDIN, cuya sede se encuentra en Sabadell, realiza una amplia campaña de difusión, y es dirigido por Santiago Escuaín, autor de la traducción al castellano de textos fundamentalistas, tales como “*Proceso a Darwin*” (Johnson, 1995) y “*El Ocaso de los Incredulos*” (Dickson, 1986).

En Alemania, el ingeniero, presidente de la Corporación de Construcción Solingen, Hans-Joachim Zillmer, publicó en 1998 el libro antievolucionista “*Darwin Irrtum*”, traducido al español en una editorial en la que comparte una colección con títulos tales como “*El asteroide del fin del mundo*”, “*El misterio de Sirio*”, “*Extraterrestres*”, “*La respuesta definitiva sobre los OVNIS*”, y otros. En la página inicial, junto con los Agradecimientos, manifiesta un tanto jactanciosamente: “*Me gustaría pedir disculpas a todos aquellos científicos que trabajan de manera muy escrupulosa. Por desgracia, los resultados de sus estudios están equivocados, porque se interpretan desde la perspectiva de teorías y dogmas que han quedado anticuados*” (Zillmer, 2000, pág. 5).

Zillmer se basa en la Biblia y en escritos sumerios para postular “científicamente” que el ser humano fue creado por extraterrestres que tenían bases en la Luna, Marte y otros lugares del Sistema Solar, como el Planeta Nibiru, que la ciencia oficial todavía no descubre. En los Países Bajos, grupos religiosos protestantes han presionado por eliminar la evolución de los exámenes nacionales (Kaiser, 1995). Según Giuseppe Sermonti y Roberto Fondi (1984, pág. 122, nota), desde 1932 existe en Inglaterra un grupo denominado originalmente “*Evolution Protest Movement*” (nombre que fue cambiado por “*Creation Science Movement*” imitando el nombre de una organización similar estadounidense), que fue fundado por el Capitán Bernard Acworth y presidido por Douglas Dewar hasta su muerte, ocurrida en 1957 (Borruso, 2001, pág. 194).

Hacia la década de 1970 surgió en Italia el movimiento “Comunión y Liberación”, entre estudiantes universitarios católicos conservadores (Molina, 2001, pág. 162). En Inglaterra, G. H. Harper reclamó contra el darwinismo, que calificó de “adocrinamiento”, lo que provocó un fuerte debate (Harper, 1977). En la Universidad de Glasgow, Escocia, J. R. Downie y N. J. Barron (2000) registraron entre 4 y 11% de posiciones antievolucionistas entre estudiantes universitarios de Biología y de Medicina. En Australia los dirigentes del “creacionismo científico” se enfrentaron con el científico Ian Plimer, que los denunció por sus engaños, lo que ha dado lugar a un largo y costoso juicio (Molina, 2001, pág. 161). R. E. Jones (1987) comenta que en Australia la enseñanza protestante evangélica experimentó un aumento en la década de 1980. Entre 613 estudiantes universitarios de primeros años de biología o educación, el 19% tenía una opinión creacionista del origen de las especies, aunque solo el 5% adhirió estrictamente al relato del Génesis. Scott M. Huse (1996, págs. 163-168) entrega una larga lista de “Organizaciones científicas que sostienen el creacionismo” de 15 países, entre ellos Brasil, Canadá, Corea, India, México, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Suecia.

En países musulmanes, la expansión del fundamentalismo ha llevado también al rechazo de la evolución biológica (Dagher y BouJaoude, 1997; Ayala, 1999, pág. 24; Yahya, 2001). En 1984, el bioquímico Dr. Rashad Califa (1935-1990), autor de folletos religiosos y de una nueva traducción del Corán, demandó a la “*National Academy of Sciences*”, de Estados Unidos, reclamando 38 millones de dólares por la publicación “*Science and Creationism*”, texto en el que se considera a la evolución sin intervención divina (National Academy of Sciences, 1999). Rashad Khalifa argumentó que por el Corán y las leyes de las probabilidades sabemos que la vida no surgió sin la creación divina de Alá, que la evolución está restringida al interior de cada especie y que Dios creó a los primeros humanos de barro, pues así lo afirma el Corán en 32:7 y 15:28 (Gardner, 2001, pág. 314).

Harun Yahya (2001) presenta su libro antievolucionista, *“El engaño del evolucionismo. El colapso científico del darwinismo y su fundamento ideológico”* de la siguiente forma: *“Alguna gente que ha escuchado hablar de la "teoría de la evolución" o del "Darwinismo", puede pensar que estos conceptos solamente incumben al campo de la Biología, sin ningún otro significado en su vida diaria. Este es un gran error de concepción porque mucho más que un concepto biológico, la teoría de la evolución constituye el apuntalamiento de una filosofía fraudulenta que ha influido sobre un gran número de personas. Se trata de la filosofía "materialista", la cual sostiene una serie de puntos de vista espurios respecto a porqué y cómo pasamos a existir los seres humanos. El materialismo sostiene que lo único que existe es la materia, la cual es la esencia de todas las cosas orgánicas e inorgánicas. Partiendo de esta premisa, niega la existencia de un Creador divino, es decir, Dios.”*

Harun Yahya continúa: *“Al reducir todo al nivel de la materia, esta noción transforma al hombre en una criatura que repara solamente en ella y se aparta de los valores morales de cualquier tipo. Este es el comienzo de grandes desastres que sobrevendrán en la vida de los seres humanos. Como una cuestión de hecho, las ideas materialistas de todo tipo, siendo las de Marx las principales, han colapsado totalmente debido a que la teoría de la evolución - que en realidad es un dogma del siglo XIX sobre el que se apoya el materialismo -, ha quedado absolutamente invalidada por medio de los descubrimientos de la Ciencia moderna, la cual ha desaprobado y continúa desaprobando las hipótesis materialistas que no reconocen más que la materia, en tanto que demuestra que todo lo existente es el producto de lo creado por un Ser Superior”.*

En los últimos años han surgido también poderosos movimientos antievolucionistas en el interior de la Iglesia Católica. En 1988, *“Christ to the World”* publicó artículos teológicos del Reverendo Peter Mary Damian Fehlner S.T.D., de la Pontificia Facultad de Teología de St. Bonaventure, Roma, titulados *“In the Beginning”*, en los que reiteró que el papa Pio XII nunca dio permiso para rechazar el sentido literal o histórico del conjunto del Génesis. El Dr. Fehlner concluyó: *“se pueden aducir buenos argumentos, en efecto, para mostrar que la evolución no es simplemente una hipótesis científica. Es un dogma que proporciona al contexto para todos los empeños científicos. Y es justamente esta suposición del “Evolucionismo” como el paradigma universal el que está en conflicto directamente con la enseñanza de la Iglesia y constituye un abuso del permiso limitado de Pio XII para proponer hipótesis tentativas de la evolución dentro de los límites de ciertas preguntas científicas y sin cuestionar las decisiones de la Iglesia en las materias concernientes a la Revelación”.*

Otro experto, André Boulet, llegó a la misma conclusión en su libro *“Creation et Rédemption”*, de 1995: que la teoría de la evolución es mala Ciencia y es incompatible con la teología de la creación. Entre sus argumentos están el problema del desorden, el sufrimiento y la muerte antes de la caída; el engaño del Génesis en afirmar la perfección y el valor de todas las cosas creadas si la mayoría de ellas se extinguieron y la oposición de un origen bruto del hombre por evolución como fuente de nuestras tendencias malvadas, con la perfección física correspondiente con los privilegios de la creación con los cuales Dios dotó a nuestros primeros padres. El derechista católico Patrick J. (“Pat”) Buchanan (1938-) ataca al evolucionismo en artículos periodísticos (Gardner, 2001, pág. 27). En el año 2001 se publicó *“El evolucionismo en apuros”*, libro del ingeniero agrónomo italiano Silvano Borruso (1935- ), traductor de San Agustín y de Santo Tomás de Aquino (Borruso, 2001).

Entre los fundamentalistas católicos están los grupos radicales ultraortodoxos, como el Opus Dei, Comunión y Liberación, Covadonga, los legionarios de Cristo y neocatecomenales. También son católicos los “creacionistas científicos” del CESHE, *“Cercle Scientifique et Historique”*, secta nacida en Bélgica pero extendida por otros países europeos (Molina, 1996, págs. 244 y sigs.; Molina, 2001, pág. 161-162). El CESHE es una organización formada a mediados de la década de 1960 por seguidores del iluminado Fernand Crombette (1880-1970), escritor autodidacta que tradujo al copto los once capítulos iniciales del Génesis. Hacen una interpretación particular de la Biblia, la siguen literalmente y mezclan el Diluvio Universal con la tectónica de placas. Su presidente es Dominique Tassot, ingeniero de minas y doctorado en filosofía.

La Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino – Católica de Tucumán, Argentina, publicó en castellano en 1984 un libro antievolucionista italiano (Sermonti y Fondi, 1984). En su prólogo, el rector de dicha Universidad, sacerdote dominico Dr. Aníbal Ernesto Fósbery, fundador y presidente de FASTA (Fraternidades y Agrupaciones Santo Tomás de Aquino), expresa: *“Fue para fines de agosto y en los comienzos de setiembre de 1981 que nuestra Casa de Altos Estudios tuvo la ocasión de escuchar las finas y sólidas exposiciones científicas del gran genetista Giuseppe Sermonti junto con las del joven y prestigioso paleontólogo Roberto Fondi. La Universidad, en respuesta a sus cometidos propios, desarrollaba un seminario sobre “Vida y Evolución”, que incluía, junto a los temas de los autores mencionados, las agudas y originales reflexiones epistemológicas del querido padre Dr. Pasquale Magni, pilar fundamental en la fundación del Centro Internacional de Comparación y Síntesis con sede en Roma.”*

En Argentina, ciertos sectores vinculados con la Iglesia Católica han hecho esfuerzos por erradicar la evolución de los contenidos básicos comunes de Ciencias naturales en el nivel de enseñanza secundaria (Braslavsky, 1995; Galmarini, 1995; Ojeda, 1995; Valerani, 2000, pág. 105). En Argentina se formó el grupo católico *Reconquista y Defensa*, que también se manifiesta opuesto al evolucionismo y se autodefine como “una iniciativa de jóvenes de la Fundación Argentina del Mañana, jóvenes que no nos resignamos ni a la condición de meros espectadores de los acontecimiento ni a dejarnos arrancar nuestras convicciones por la confusión y el caos tan característicos de nuestros días” (<http://www.reconquistaydefensa.org.ar/quienes.htm>).

A principios de noviembre del año 2002, se realizó una reunión de científicos católicos antievolucionistas con el Reverendo Peter Mary Damian Fehlner S.T.D. ([www.catholicintl.com/events/conferences.html](http://www.catholicintl.com/events/conferences.html)). El 4 de ese mes, la agencia noticiosa ACI informó: “Decenas de genetistas, geólogos, astrofísicos y científicos de otras disciplinas provenientes de Estados Unidos y diversos países europeos incluyendo Rusia, se reunieron el pasado fin de semana en Roma para analizar los argumentos científicos que descalifican el mito evolucionista de Darwin. El encuentro, promovido por el “Centro Kolbe de estudios de la Creación”, puso bajo el microscopio de la Ciencia contemporánea las afirmaciones absolutistas de Charles Darwin, cuya ideología del evolucionismo ha dominado durante un siglo las mentes de la comunidad científica”. Luego, reprodujo las palabras de Dominique Tassot: “Frente a esto, nuestro objetivo es el hacer comprender, sobre todo a los católicos, que aquello que la Ciencia afirma no es la verdad absoluta”...“completamente errada la actitud de algunos teólogos que se apresuran a explicar la Biblia a la luz de las últimas revelaciones científicas. Es mejor partir de la premisa de que el autor de la Biblia es también el autor de la Creación y por tanto el libro del Génesis no puede contener falsedades” ([www.aciprensa.com/notic2002/noviembre/notic1688.htm](http://www.aciprensa.com/notic2002/noviembre/notic1688.htm)). Puede encontrarse más información sobre este moderno movimiento católico antievolucionista en Internet, en ([www.theotokos.org.uk/pages/creation/daylight/faith1.html](http://www.theotokos.org.uk/pages/creation/daylight/faith1.html)).

Respecto al origen de estas polémicas, el sacerdote jesuita Agustín Udías Vallina (1993, pág. 9) comenta: “El punto central de estos conflictos consiste en la dificultad que encuentran las explicaciones teológicas o formulaciones de la fe para distinguir entre lo que constituye el mensaje religioso y los elementos de su expresión o formulación, siempre dependientes de los presupuestos culturales de cada época. Estos presupuestos incluyen muchas veces elementos de cosmovisiones de épocas y culturas determinadas, dependientes de los presupuestos culturales de cada época”.



Análogamente, el sacerdote salesiano Alejandro Horvat (1984, pág. 119) manifiesta: *“Es necesario tener en cuenta que la Biblia no es un libro científico, sino histórico-religioso. En su lectura es preciso distinguir el modo y el Mensaje, el momento histórico y la cultura de ese tiempo”... “El modo no pertenece a la Revelación. Ésta está contenida en el Mensaje”.*

John Eccles (en Artigas, 1985, págs. 6-7) comenta: *“Está ampliamente difundida la creencia de que la evolución biológica ha proporcionado una explicación completa de nuestro origen y ha refutado para siempre la doctrina de un Creador divino. Por supuesto, la Historia bíblica no pretende explicar científicamente la creación. Ahora se explica científicamente el origen del cosmos mediante el Big Bang y la subsecuente evolución cósmica de galaxias, sistemas solares y planetas. Pero es aún más asombroso el origen de la vida en nuestro planeta agraciado de modo único, la Tierra, donde se ha puesto en escena la creatividad dramática de la evolución biológica. Podemos preguntarnos si ha habido cierto designio o intención de esa evolución. Recordemos que, de modo un tanto misterioso, cada uno de nosotros, como seres con una experiencia consciente única, hemos llegado a existir mediante una evolución biológica que ha causado la aparición de nuestros cuerpos y cerebros. Yo creo que hay una Providencia Divina que opera sobre y por encima de los sucesos materiales de la evolución biológica. No debemos afirmar dogmáticamente que la evolución biológica en su forma actual es la verdad Última. Deberíamos más bien creer que es la historia principal y que, de modo un tanto misterioso, hay una dirección que guía la cadena evolucionaria de contingencias”.*

## 8.8. Posiciones evolucionistas antirreligiosas

Muchos científicos tras aceptar el evolucionismo abandonaron ideas religiosas. El cubano Felipe Poey y Aloy (1799-1891) inició su carrera siendo creacionista, admirador y colaborador de Georges Cuvier, pero en 1886 era partidario del evolucionismo, transformándose en ateo (Pruna y García, 1989, págs. 34-46,181). Sir Leslie Stephen (1832-1904), literato y filósofo inglés, tomó las órdenes anglicanas, que abandonó en 1875 después de leer *“El Origen de las Especies”* y desarrolló un pensamiento agnóstico (Annan, 1951, págs. 162-166). John Wesley Powell (1834–1902), Curador de Zoología de la Sociedad de Historia Natural del Estado de Illinois, era hijo de un ministro metodista, religión que adoptó en su juventud. Aceptó la evolución biológica lamarquista y se hizo ateo cuando adulto (Numbers, 1999, págs. 38, 152-153). El zoólogo Edward Sylvester Morse (1838-1925), del Museo de Zoología Comparada de Harvard, hijo de un diácono bautista y discípulo del antievolucionista Jean Louis Agassiz (1807-1873), se hizo librepensador y adhirió públicamente al evolucionismo ante el Instituto Essex en 1873 (Numbers, 1999, págs. 32, 151).

El paleontólogo Alpheus Hyatt (1838-1902), de ideas neolamarquistas y ortogeneticistas, estuvo cercano al catolicismo, luego se hizo teísta y por último escéptico en materias religiosas (Numbers, 1999, pág. 147). Fue también el caso del propio Charles Darwin (1809-1882), que estudió Teología en el Christ's College de Cambridge para convertirse en clérigo anglicano y que solía citar a la autoridad de la Biblia durante su viaje en el Beagle, rompiendo posteriormente con sus ideas religiosas y considerándose finalmente agnóstico (Hemleben, 1971, págs. 24-25, 72-73; Montero, 1978, págs. 32, 72; Stanley, 1986, pág. 203-204; Bowler, 1995, págs. 56, 237; Pelayo, 2001, págs. 13, 144). Robert R. E. Clark (1967, pág. 83) escribe: *“Antes que nada, su fe en el Antiguo testamento se vio destrozada. Luego ya no pudo creer más en los milagros del Nuevo Testamento. Finalmente se quedó divagando en si el cristianismo era siquiera una revelación divina”*.

Otros evolucionistas cambiaron sus posiciones frente al tema religioso. George John Romanes (1848-1894), amigo de Darwin que continuó los estudios de psicología animal, recurrió a Alfred Russell Wallace (1823-1913) para iniciarse en el espiritismo, pero más tarde publicó una reseña injuriosa de un libro de éste, en el que manifestó: *“Nos topamos con el Wallace del espiritismo y la astrología, con el Wallace del problema de la vacunación y la tierra, con el Wallace de la incapacidad y el absurdo”* (citado por Milner, 1995, pág. 557). Varió desde la mantención de una religión original hasta el agnosticismo, luego al panteísmo y finalmente se hizo teísta cristiano (Vilanova, 1992, pág. 483). Theo Drathen (1925, pág. 176) dice de Romanes: *“Confunde constantemente las actividades inferiores y superiores y llena así los libros de conclusiones erróneas. Pero más tarde alcanzó a normalizar sus ideas y terminó con la admisión de la psicología cristiana”*.

Diversos evolucionistas atacaron a la religión. Bernard Delfgaauw (1966, pág. 54) comenta que la teoría de la evolución fue vista como proclamación del ateísmo materialista, que aparentemente hacía superflua la creación divina y demostraría que la realidad corresponde solo a materia. La evolución biológica se incorporó rápidamente a las ideas materialistas de filósofos como Karl Marx (1818-1883) y Friedrich Engels (1820-1895), que intercambiaron cartas sobre esta materia. El 16 de enero de 1861, Karl Marx escribió al político alemán Ferdinand Lassalle (1825-1864): *“El libro de Darwin es muy importante y me sirve de base en ciencias naturales para la lucha de clases en la historia. Desde luego que uno tiene que aguantar el crudo método inglés de desarrollo. A pesar de todas las deficiencias, no sólo se da aquí por primera vez el golpe de gracia a la “teleología” en las ciencias naturales, sino que también se explica empíricamente su significado racional”* (carta reproducida en Internet, en [http://www.marxists.org/archive/marx/works/1861/letters/61\\_01\\_16.htm](http://www.marxists.org/archive/marx/works/1861/letters/61_01_16.htm)).

Ernst Haeckel (1834-1919) y Thomas Henry Huxley (1825-1895), divulgaron a la evolución biológica con un marcado sentido antirreligioso. Haeckel propuso que la evolución podría ser un sistema filosófico completo que reemplazara a la religión (Young, 1998, pág. 268). Respecto a Thomas Henry Huxley, el filósofo de la Ciencia Michael Ruse (2001, pág. 94) acota: *“Así pues, Huxley y sus allegados tuvieron que crear su propia religión o filosofía seculares; y la evolución (que, recordemos, era en cualquier caso considerada epistémicamente inferior) fue el vehículo perfecto”*. El sacerdote Alejandro Vicuña (1918, pág. 65) advierte: *“Vogt, Strauss, Hartman, Huxley y Haeckel se felicitan porque el darwinismo “reduce a la nada el dogma de la Creación”, al decir del biólogo alemán, y aniquila también “la grosera cosmogonía del Israelita”, como dice Huxley”*.

En la actualidad, es el caso del científico keniano Richard Dawkins (1941- ), de la Universidad de Oxford, quien manifiesta que *“...aunque el ateísmo pudiera mantenerse en una forma lógica antes de Darwin, éste hizo posible el ser un ateo completo intelectualmente hablando”* (Dawkins, 1993, págs. 26-27). Richard Dawkins incluso argumenta que los seguidores de Darwin deberían ser un ateos. El filósofo de la Ciencia Michael Ruse (2001, pág. 149) observa: *“En los textos de Dawkins también es característica una inmensa hostilidad contra la religión, que refleja bien a las claras los propios valores del autor. Recientemente, esta hostilidad se ha vuelto tan obsesiva y explícita, que podríamos afirmar con justicia que hoy este valor (criticar las creencias religiosas) es una de las razones principales por las que Dawkins escribe como y sobre lo que lo hace”*.

## 8.9. Hacia la superación del conflicto

Las posiciones anticientíficas de grupos religiosos y las posturas antirreligiosas de científicos crean un conflicto artificial insuperable, porque ambos están de acuerdo solo en una cosa: la incompatibilidad entre darwinismo y cristianismo. Científicos evolucionistas muy importantes extrapolaron las conclusiones científicas hacia la religión, confundiendo el materialismo metodológico con el materialismo filosófico, que es una opción personal al margen de la Ciencia. Por ejemplo, George G. Simpson (1963, pág. 297) expresa: *“El hombre es el resultado impensado de un proceso materialista carente de objetivos: no fue planeado”*. Por su parte, los “científicos creacionistas” dicen que *“la enseñanza misma de la evolución tenía un objetivo religioso, es decir, desacreditar la idea de que un ser sobrenatural había creado la humanidad”* (Johnson, 1995, pág. 15).

Rafael Vicuña E., profesor de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, advierte respecto a las posiciones fundamentalistas: *“Esta postura puede conducir a situaciones que resultan algo paradójicas. Así por ejemplo, el Génesis relata que en el día primero fue creada la Tierra y que esta tuvo mañana, tarde y noche, mientras que el sol fue creado el día cuarto, después de las plantas y los árboles. Aunque bien intencionado, el creacionismo no tiene otra opción que la de una lucha irreconciliable con la Ciencia, puesto que los datos que esta nos entrega sobre la edad del universo, el orden de aparición de las especies, los procesos geológicos, la creación del hombre, etc., contradicen abiertamente la letra de lo expresado en los textos sagrados. Lo que el creacionismo no asume es que la adhesión a la palabra de Dios no se contradice con el necesario trabajo literario que requiere su adecuada interpretación. Ello supone tener en cuenta la época en que cada texto fue escrito, los rasgos de personalidad de su autor, el entorno cultural, las circunstancias históricas, etc.”* (Vicuña, 2002, pág. 53).

La confrontación histórica entre Ciencia y Religión, la hostilidad y desconfianza mutua que han surgido en diversos campos, tiene sus bases tanto en la pretensión de grupos religiosos en considerar a la Biblia o a otros libros sagrados como textos científicos, y a la religión como *“Ciencia religiosa”*, así como en la pretensión de algunos científicos de suplantar a la metafísica y minar las bases racionales de la fe, suponiendo que la Ciencia no tiene límites, que no hay problemas que no pueda resolver. Como afirma Paul Valadier (en Thuillier, 1985, pág. 1101), *“Juan Pablo Segundo lo dijo sin ambigüedad: las Escrituras no permiten determinar cuáles son las teorías científicas válidas y cuáles no. Cuando la Biblia o la Teología hablan de la Creación, no se trata de conocer la naturaleza en el sentido que lo entiende la Ciencia positiva, sino de descubrir quién es Dios, y quién somos nosotros a los ojos de Dios”*.

Por su parte, la Ciencia se ocupa de los aspectos empíricos de la realidad, no puede pronunciarse ni sobre Dios ni sobre el alma (Vidal, 1997, pág. 23). Steven M. Stanley (1986, pág. 203) plantea: *“En el campo científico el ateísmo, o negación de la existencia de un ser divino, es tan válido como el teísmo. La ciencia, sin más, no trata de religiones; su materia prima son observaciones y medidas, mientras que la revelación, personal o espiritual, y la fe son la materia prima de la religión...Todo esto quiere decir que los científicos pueden ser religiosos, y muchos evolucionistas lo son, pero que no es válido que sus ideas, asentadas sobre otro tipo de cimientos, puedan confrontarse a las científicas”*.

El conflicto se ha ido superando gracias a que han perdido adeptos antiguas visiones positivistas y cientistas, que hacían de la Ciencia una verdadera religión, los científicos están más conscientes de los límites de la Ciencia. Leandro Sequeiros (1992, pág. 37) manifiesta: “*Los científicos, conscientes de las limitaciones del método y de la inmensa tarea por realizar, han depuesto mucha de la altanería y prepotencia con que se hinchaban hace medio siglo. Son mucho más humildes en sus afirmaciones antimetafísicas*”. Y desde la religión se ha superado la tendencia simplista a descalificar a la ciencia. Paul Chauchard (1960, pág. 88) explica: “*Desconcertados ante un trastorno de la concepción habitual del mundo en armonía con la fe y que aún se discutía por los mismos especialistas, los teólogos no siempre han tenido el realismo de saber distinguir lo que constituía una opinión legítima de la Ciencia y lo que era interpretación metafísica inadmisibles*”.

El evolucionista Stephen Jay Gould (1941-2002), que se autocalificaba de agnóstico, propuso reducir el debate mediante su teoría del NOMA (*non overlapping magisteria*) o MANS (*magisterios que no se superponen*), de acuerdo con la cual el supuesto conflicto entre religión y Ciencia no tiene lógica, puesto que cada una tiene su propio magisterio (Gould, 2000). El magisterio de la Ciencia es el de la investigación empírica, intenta documentar el carácter objetivo del mundo real y explicar por qué funciona como lo hace, estudiando los hechos y leyes de la naturaleza; la religión se preocupa de los valores humanos morales y de la trascendencia, es la búsqueda espiritual del sentido definitivo de la vida y los valores. Stephen Jay Gould concedía la misma importancia a ambos magisterios, considerándolos dignos de igual respeto, independientes entre sí y por lo tanto libres de interferencias recíprocas, de modo que deben mantener un concordismo respetuoso. Los conceptos de Creación y de Evolución tienen puntos de partida distintos, la Creación, concepto de carácter metafísico-religioso, se refiere a la acción de un Dios creador; en cambio, la Evolución, concepto ontológico científico, se refiere a la transformación del cosmos; de manera que la evolución no excluye ni incluye *a priori* a la idea de Creación. El conflicto surge solamente cuando erróneamente se invade un terreno ajeno, cuando a partir de principios religiosos alguien se niega a aceptar la abrumadora evidencia científica a favor de la evolución biológica, o a partir del conocimiento científico se pretende concluir la inexistencia de Dios.

Stephen Jay Gould resaltaba que el propio Darwin aceptaba el principio NOMA, porque argumentó que la realidad objetiva de la naturaleza, leída de acuerdo con el magisterio de la Ciencia, no puede resolver la existencia o el carácter de Dios, los fundamentos de la moralidad ni otros aspectos del magisterio de la Religión (Gardner, 2001, pág. 322).

El filósofo Michael Ruse (2004), expresa una opinión similar: *“Las personas como Dawkins, y también los creacionistas, en lo que a esto respecta, cometen un error acerca de los propósitos de la ciencia y la religión. La ciencia intenta describir el mundo físico y su funcionamiento. La religión busca dar un significado al mundo y a nuestro lugar en él. La ciencia plantea preguntas que requieren respuestas inmediatas. La religión hace preguntas fundamentales y esenciales. No hay conflicto, excepto cuando las personas piensan erróneamente que las preguntas de un dominio exigen respuestas del otro. La ciencia y la religión, la evolución y el cristianismo, no tienen por qué estar en conflicto, pero sólo si cada una conoce su lugar en los asuntos humanos y se mantiene en esos límites”*.

Steven M. Stanley (1986, pág. 203) coincidentemente plantea: *“En el campo científico el ateísmo, o negación de la existencia de un ser divino, es tan válido como el teísmo. La ciencia, sin más, no trata de religiones; su materia prima son observaciones y medidas, mientras que la revelación, personal o espiritual, y la fe son la materia prima de la religión. ...Todo esto quiere decir que los científicos pueden ser religiosos, y muchos evolucionistas lo son, pero que no es válido que sus ideas religiosas, asentadas sobre otro tipo de cimientos, puedan confrontarse a las científicas”*.

## **9. LA INTRODUCCIÓN DEL DARVINISMO EN ESPAÑA Y LATINOAMÉRICA**

### **9.1. Introducción del darvinismo en España**

Las ideas darvinistas impactaron profundamente en todos los ámbitos de la cultura, pero su introducción en distintos países tuvo caracteres diferentes, según sus situaciones sociales y culturales. Meses antes de la edición de *“On the origins of species”*, José Planellas Giralt, catedrático de Historia Natural de la Universidad de Santiago, en Santiago de Compostela, se había referido al evolucionismo en la Universidad Literaria de Santiago, en su discurso de inauguración del Curso Académico de 1859 a 1860 (reproducido en Núñez, 1977, págs. 87-90). Se refirió a las afirmaciones que él consideró absurdas, que suponen que el ser humano primitivo era salvaje, que pudiese provenir del simio y que las especies experimentan una progresión ascendente. No hizo mención al darvinismo, que sin duda no conocía (Fraga, en Ruiz-Samper, Puig y Galera, 2002, pág. 254), sino se opuso en general a los enfoques evolutivos en el estudio de la naturaleza. Argumentó que los cadáveres de animales momificados por los antiguos egipcios prueban que las especies no han cambiado, como había dicho Georges Cuvier contra Jean Lamarck y Geoffroy Saint-Hilaire (Harris, 1985, pág. 165).

En 1860, Miguel Colmeiro (1816-1901), pronunció un discurso antievolucionista con motivo de su recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, titulado “*Estabilidad de las especies en el Reino Vegetal*”. Utilizó argumentos similares a los que Jean Louis Agassiz (1807-1873) había empleado contra Charles Darwin ese mismo año, por lo tanto fue la primera manifestación antidarvinista en España, si bien moderada (Pinar, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 135). Otra temprana alusión al evolucionismo en España ocurrió en 1863, cuando la revista “*El Museo Universal*” (núm 20, 17-V; 22, 31-V; 24, 14-VI; 26, 28-VI), publicó una sátira formada por cuatro grabados sobre la “*escala de las transformaciones*”, relativa al origen de ciertos animales. No mencionó a Charles Darwin, pero caricaturizó a Herbert Spencer y aparentemente es una parodia del lamarquismo (Glick, 1982, págs. 13-14).

A inicios de la década de 1870 recrudeció la polémica sobre el evolucionismo. El Director del Instituto de Granada, Rafael García y Álvarez (¿-1895) habló a favor del darvinismo en su discurso de inauguración del curso 1872-1873, “*Sobre la creación del mundo orgánico según los naturalistas ingleses y alemanes de la nueva escuela*”. Aunque fue respetuoso en la conciliación entre ciencia y fe, el discurso fue condenado por el obispo granadino, Bienvenido Monzón Martín y Puente (¿-1885), quien promovió su censura en un sínodo diocesano, siendo incluido en el índice de libros prohibidos (Núñez, 1969, pág. 31-33; Glick, 1982, pág. 29; Cuello, 1982, pág. 537). El mismo año, Augusto González de Linares (1845-1904), catedrático de Ampliación de Historia Natural, exponía la evolución biológica en la Universidad de Santiago de Compostela, provocando protestas y aplausos, el ingeniero de minas Emilio Huelin publicaba un artículo sobre el darvinismo en la *Revista de España* (“*Los brutos, supuestos engendrados del hombre*”) condenándolo como “*ficción quimérica, arbitraria y gratuita*”, Juan Vilanova y Piera (1821-1893) publicaba un tratado sobre *Origen, naturaleza y antigüedad del hombre*, Antonio Cánovas del Castillo (1828-1897) pronunciaba una conferencia contra la ética darvinista en el *Ateneo* de Madrid, y el escritor Gaspar Nuñez de Arce (1834-1903) daba a conocer su poema antievolucionista “*A Darwin*” en “*Gritos del Combate*”.

El 26 de febrero de 1875, el Ministro de Fomento, marqués Manuel de Orovio y Echagüe (1817-1883), envió una circular prohibiendo la enseñanza de la evolución. Treinta y siete académicos fueron separados de su Cátedra por negarse a acatar, entre ellos Augusto González de Linares (1845-1904), Laureano Calderón y Arana (1847-1894) y Salvador Calderón (1853-1911) (Cuello, 1982, pág. 536; Pelayo, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 125-127; Querol, 2001, pág. 28). Varios de ellos fundaron en Madrid, en 1876, la *Institución Libre de Enseñanza*, que nombró profesores honorarios a Charles Darwin y Ernst Haeckel.

En 1876 se decretó la prohibición eclesiástica del texto *“Estudios históricos, climatológicos y patológicos de las Islas Canarias”* del médico Gregorio Chil y Naranjo (1831-1901), que se refería brevemente al origen del ser humano. El Ilustrísimo y Reverentísimo José María de Urquinaona y Bidot (1813-1883), obispo de Canarias y administrador apostólico de Tenerife, convocó a un sínodo especial para revisar la obra. Se emitió un informe negativo el 12 de junio, y el 21 del mismo mes el obispo publicó una carta pastoral prohibiendo su lectura. El sínodo consideró que la obra era *“falsa, impía, escandalosa y herética”* y advirtió que si se aceptasen las ideas expresadas por Chil, se estaría negando el dogma del pecado original, y con ello la promesa del Mesías y la fundación de la Iglesia. Como consecuencia, advertía, al negar al pobre la esperanza de la gloria eterna, el pobre privado de sus ideas religiosas maldecirá su miseria y lanzará su cuchillo contra el rico. El obispo José María de Urquinaona ordenó a sus fieles que se abstuviesen de leer la obra, que entregaran a la Iglesia los fascículos ya adquiridos, y manifestó su esperanza de que Gregorio Chil se retractara públicamente (Glick, 1982, págs. 32-35; Puig-Samper, 1992, pág. 50).

En el Tercer Congreso Católico Español, realizado en Sevilla en 1882, D. Joaquín M. de Moner concluyó su memoria indicando cinco medios prácticos para evitar el que caigan los fieles en la doctrina panteística y su enseñanza prehistórica, entre ellos que todos y cada uno de los escritores católicos que escriban acerca de asuntos históricos y prehistóricos, declaren terminantemente que son católicos, contrarios a todo panteísmo evolucionista y transformista (<http://www.filosofia.org/mfb/1892c743.htm>). Comentando el Congreso Católico Español celebrado en Madrid en 1889, el profesor José Rodríguez Carracido (1856-1928), fundador de la Sociedad Española de Física y Química, escribió: *“El sistema científico que se conoce con los nombres de darwinismo, transformismo, y en su mayor grado de generalidad evolución, fue, según era de suponer, el objeto de todos los anatemas, señalándolo como el espíritu satánico que resurgía de las mansiones tenebrosas provocando de nuevo con imponente soberbia a las almas fieles y obedientes a los divinos preceptos del Sumo Hacedor”* (reproducido en Núñez, 1977, pág. 213).

El catedrático de Mineralogía y Botánica de la Universidad de Barcelona desde 1889, Odón de Buen y Cos (1843-1945) pronunció numerosas conferencias y escribió varias obras didácticas en las que divulgó el evolucionismo, lo que le valió ser excomulgado por el obispo Casanyes (Cuello, 1982, pág. 541). En España, durante el régimen franquista se erradicó la evolución biológica de los programas escolares por más de treinta años (Barberá y Zanón, 1999).



## 9.2. Introducción del darvinismo en Latinoamérica

En Latinoamérica, la recepción del darvinismo fue más tardía, dada la menor cantidad de naturalistas activos, los estados de guerra o dificultades internas en que se encontraban muchas de las naciones latinoamericanas (Moreno, 1984, pág. 19; Cueto, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 103), las obvias dificultades de comunicación con el Antiguo Mundo y la escasa y la tardía llegada de los textos que se estaban publicando en Europa. La primera obra de Charles Darwin vertida al castellano fue “*El Origen del hombre*”, aparecida en Barcelona en 1876 (Núñez, 1977, pág. 26). “*El Origen de las Especies*” no se tradujo al castellano hasta 1877 (Pruna y García, 1989, pág. 57). El darvinismo en Latinoamérica fue conocido especialmente por las traducciones al francés (Márquez, 1982, págs. 40, 49, 78; Moreno, 1984, págs. 18-19; Pruna y García, 1989, pág. 95; Glick, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 48). Es conocida la reticencia de los franceses a aceptar las ideas darvinistas. Charles Darwin se disgustó por la versión francesa de “*El origen de las especies*”, traducida por Clemence Royer, quien cambió el título del libro y agregó anotaciones lamarquistas (Pruna y García, 1989, pág. 20; Glick, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 48, nota 4).

En Cuba se discutió el darvinismo comparativamente en forma más temprana y habitual, posiblemente porque fue colonia española hasta 1898, por lo tanto los contactos con Europa fueron más fluidos. En 1861 se produjo un debate en el recién fundado Liceo Artístico y Literario de Guanabacoa, durante el cual Felipe Poey y Aloy (1799-1891) planteó la unidad de la especie humana y afirmó que la idea de la ascendencia animal del hombre es “*en extremo impía, falsa y abominable*”. El médico y literato Ramón Zambrana (1817-1866) pronunció un ardiente discurso en defensa del creacionismo, en el que atacó los “delirios” de Benoit de Maillet y Jean Lamarck (Pruna y García, 1989, págs. 39-52). Tampoco se habló de Darwin. De igual modo, en 1862 se publica en “*La Tribuna*”, Argentina, el opúsculo “*El génesis de nuestra raza*”, de José Manuel Estrada, en el que ataca al Dr. Gustavo Minelli, defiende las tesis diluvianistas y critica a Jean Lamarck, James Hutton y Charles Lyell, sin que existan aún referencias a Charles Darwin, a tres años de publicado “*El Origen de las especies*” (Montserrat, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, págs. 20-22).

Cuando Charles Darwin dio a conocer públicamente sus ideas, en los medios científicos y universitarios se discutía apasionadamente sobre el evolucionismo según las ideas de sus precursores, Jean Lamarck, Herbert Spencer, Benoit de Maillet, James Hutton y Charles Lyell, y pasaron varios años en España y Latinoamérica antes que se centrara la discusión en la obra darvinista.

En España, el 13 y 15 de abril 1867, el médico catalán José de Letamendi Manjarrés (1828-1897) dio una serie de conferencias (“*Discurso sobre la naturaleza y el origen del hombre*”) en el Ateneo Catalán, oponiéndose a los evolucionistas desde una perspectiva tomista (Núñez, 1977, pág. 91-92; Glick, 1982, pág. 14). Este médico envió una derivación de ese trabajo bajo la forma de una memoria a La Habana en 1870, para optar al título de socio corresponsal de la Academia.

En Cuba, la primera discusión pública de “*El origen de las especies*”, se había producido en la Academia de Ciencias de La Habana en 1868, con el discurso de ingreso de Francisco de Frías y Jacott, conde de Pozos Dulces (1809-1877), en el que criticó algunas concepciones del naturalista inglés (Pruna y García, 57-62). Al año siguiente, el químico y agrónomo cubano Álvaro Reynoso mencionó a “*El Origen de las Especies*”, indicando que había hecho renacer la antigua controversia entre evolucionistas y creacionistas (Pruna, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, págs. 71-72). En Chile, aparentemente la primera mención pública a la obra evolucionista de Charles Darwin ocurrió también en 1869, en la segunda edición del texto “*Elementos de Historia Natural*”, de Rodolfo A. Philippi (Márquez, 1982, pág. 17), quien hace una referencia muy general y no se pronuncia ni a favor ni en contra.

En la mayoría de los países latinoamericanos el darwinismo comenzó a divulgarse y discutirse recién en la década de 1870. En Chile, recién en agosto de 1869 se incorporó “*El Origen de las Especies*” (en francés) a una biblioteca Pública (Márquez, 1982, pág. 49). En 1872 el médico Adolfo Valderrama escribió un artículo sobre evolución humana en la *Revista Médica de Chile*, y en 1877 el escritor Valentín Letelier escribe el folleto “*El hombre antes de la Historia*”, en el que defiende la antigüedad geológica del ser humano y se refiere a la obra de Charles Darwin. En Uruguay, las discusiones sobre el darwinismo comenzaron en 1874 y la primera mención pública conocida de Charles Darwin la realizó Louis Figuiet, en “*El hombre primitivo*” (*La Voz de la Juventud* 2). En Perú, el inmigrante italiano Antonio Raimondi mencionó a Darwin y las polémicas suscitadas, en su obra “*El Perú*”, publicada en 1874, aunque sin profundizar en la materia (Cueto, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 105). En Argentina, las primeras alusiones públicas al darwinismo datan de 1875, en una ficción escrita por Eduardo H. Holmberg (1852-1937), entonces estudiante de medicina de 22 años (Montserrat, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 25). También en 1875 se hizo la primera exposición pública de las ideas de Charles Darwin en Brasil, cuando en las Conferencias Populares de Gloria, habló el médico Augusto Cezar de Miranda Azevedo a favor del evolucionismo (Bertol y Romero, en Glick, Ruiz y Puig-Samper, 1999, pág. 97).

A partir de 1876, Fritz Müller, alemán adscrito al Museo Nacional de Brasil como naturalista viajero, publicó una serie de artículos con orientación evolutiva, por ejemplo sobre las plantas trepadoras y los órganos odoríferos de vegetales (Ellero, en Ruiz-Samper, Puig y Galera, 2002, pág. 370). En México el darvinismo comenzó a divulgarse igualmente en la década de 1870 (Moreno, 1984, pág. 20); en febrero de 1877, Pedro Noriega presenta ante la Sociedad Metodófila Gabino Barreda su trabajo *Consideraciones sobre la teoría de Darwin*, que inició las polémicas sobre el darvinismo en México (Ruiz, 1991, pág. 48).

La profundización del tema evolutivo en la mayoría de los países de Latinoamérica comenzó en las décadas siguientes. En Chile, en 1888 el lingüista Alberto Liptay publicó "*El darwinismo. ¿Cuál es la posición del hombre en el Universo?*", a favor del evolucionismo. En Bolivia, Belisario Días Romero publicó un primer artículo darvinista en 1892 y en México el médico y naturalista Alfonso L. Herrera escribió su primer artículo sobre la evolución biológica en 1890 (Argueta y Ruiz, en Ruiz-Samper, Puig y Galera, 2002, pág. 339).

## **10. PRINCIPALES HITOS EN LA HISTORIA DE LA EDUCACIÓN EN CHILE**

### **10.1. Período Colonial (1561-1810)**

Durante el siglo XVI funcionaban algunas escuelas en las que se enseñaba a leer y a escribir a soldados y posteriormente a criollos o mestizos. Los estudios más avanzados se debían seguir en Lima, donde existía la Universidad de San Marcos, fundada en 1551, tras la autorización real para que el convento dominico de esa ciudad pudiese conferir grados en los campos de la filosofía y la teología. En 1595 los dominicos fundaron en Chile el Colegio de Santo Tomás y los jesuitas el Colegio de San Miguel, donde se impartían cursos de latín, filosofía y teología. Por autorización papal, ambos colegios alcanzaron la categoría de Universidades Pontificias (Silva y Schroeder, 1998). La bula del papa Paulo V, Camilo Borghese (1552 - 1624), de 11 de marzo de 1619, a instancias de Felipe III (1578-1621), rey de España y Portugal (1598-1621), determinó que podrían otorgar los grados de bachiller, licenciado, maestro y doctor, los conventos dominicos de las Indias en los que se impartiese enseñanza de artes y teología, ubicados a más de 200 millas de las universidades de México y de Lima. El documento llegó a manos de los dominicos santiaguinos en 1622, naciendo la primera institución de educación superior chilena, la Universidad de Santo Tomás de Aquino, el 19 de agosto de 1622. Los jesuitas fundaron el Convictorio de San Francisco Javier, internado para jóvenes aristócratas, que tras la expulsión de la orden se transformó en el Convictorio Carolino.

Los cabildos de provincia, apoyados por los gobernadores, estimularon la fundación de escuelas primarias desde el siglo XVII. Durante el siglo XVIII, los jesuitas desarrollaron en Chile (en ese entonces parte de España) una importante labor docente. También ejercieron una influencia beneficiosa sobre la cultura y la educación en Chile los esfuerzos permanentes de la corte de los Borbones en difundir en toda América las obras científicas y artísticas españolas, así como las traducciones de obras extranjeras (Castedo, 1999). La enseñanza superior se desarrollaba en el Convictorio Carolino y en el Seminario Conciliar, centrándose en la teología y las lenguas clásicas.

Las Universidades pontificias desaparecieron en 1738. El 28 de julio de 1738 el rey Felipe V de Borbón de España (Philippe d' Anjou, 1683 - 1746) concedió la fundación de una universidad real, docente y de claustro que en su honor pasó a llamarse "Real Universidad de San Felipe". Su organización fue encomendada a Tomás de Azúa, quien fue nombrado Rector. Comenzó a funcionar en 1759, con cinco facultades: leyes, teología, filosofía, medicina y matemática. El 27 de febrero de 1767, el rey Carlos III (1716-1788) firmó el Decreto de Expulsión de los Jesuitas de todo el territorio español, acusados de servir a la curia romana en detrimento de las prerrogativas regias, fomentar las doctrinas probabilistas, simpatizar con la teoría del regicidio, haber incentivado los motines de Esquilache y defender el laxismo en Colegios y Universidades. Desde 1782, la Real Universidad de San Felipe mantenía la tuición de toda la enseñanza, que debía supervigilar su rector.

La tendencia a centrar la educación en el área humanista encontró una fuerte oposición en Manuel de Salas (1754-1841), que consideraba a la enseñanza como agente del desarrollo económico y de los hábitos para una vida más digna. Para Salas, el hombre ilustrado es el que domina su entorno, de allí su lucha por asentar la cátedra de matemáticas en Chile, que no existía. En 1795 planteó la necesidad de enseñar geometría, aritmética y dibujo, necesarias para la agricultura, el comercio y la industria.

El 18 de septiembre de 1797 se inauguró la Academia de San Luis, con una clase de primeras letras, otra de gramática y otra de dibujo. Posteriormente se añadieron matemática (aritmética y geometría) y docimasia, y se solicitó a España peninsular el envío de profesores de química y mineralogía. En la Academia se preparaban los "oficiales": agrimensores, mineralogistas, metalúrgicos, constructores y pilotos náuticos. Las mujeres se educaban en conventos de monjas, donde aprendían a leer, escribir, bordar, cocinar, música, canto y baile.

## **10.2. Período de Independencia (1810-1823)**

Al instaurarse la República, la Universidad de San Felipe suprimió en los diplomas el apelativo de “*real*”, añadiendo “*del Estado de Chile*” y posteriormente “*de la República de Chile*”. Por iniciativa de Manuel de Salas, junto al jurisperito Juan Egaña (1768-1836) y el escritor Camilo Henríquez (1769-1824), la Junta de Gobierno de 1813 fundó el Instituto Nacional, escuela de enseñanza secundaria y superior que surgió mediante la fusión del Convictorio Carolino, la Academia de San Luis, el Seminario Conciliar y la Universidad de San Felipe. Desde 1813 a 1835, el Instituto Nacional fue colegio laico y seminario. En su fundación se encuentran los orígenes de la educación secundaria chilena. La enseñanza se reducía entonces a las primeras letras y el latín.

Durante su gobierno, Bernardo O’Higgins (1776-1842) se preocupó especialmente por la educación. En 1819 reabrió el Instituto Nacional y al año siguiente la Biblioteca Nacional, bajo la dirección de Manuel de Salas y Corbalán (1754-1841). Se abrieron numerosas escuelas primarias gratuitas en las que se implantó el método lancasteriano de aprendizaje, en el que los alumnos aventajados instruían a los más lentos. En 1821 fundó el primer Liceo del país, en la ciudad de La Serena.

## **10.3. Período de Anarquía (1823-1830)**

En esta época, caracterizada por la inestabilidad política, que se tradujo en la sucesión de doce gobernantes en siete años, no hubo avances significativos en el campo educacional.

## **10.4. Período Republicano (1831- )**

Durante el gobierno de José Joaquín Prieto Vial (1786-1854), Presidente de Chile entre 1830 y 1841, se dieron los primeros pasos importantes en la estructuración de la educación secundaria y superior. Un decreto supremo obligó en 1832 a las órdenes religiosas a organizar y financiar escuelas primarias, cauteladas por las municipalidades, y la instalación de escuelas dominicales en los cuarteles de la Guardia Cívica de Santiago. La obra más importante del gobierno de José Joaquín Prieto fue la promulgación de la Constitución Política de 1833, redactada por el jurisperito Mariano Egaña (1793-1846), que estableció el Estado Docente, principio según el cual al Estado le corresponde ejercer educación gratuita, establecer los planes y programas de estudio y apoyar la elaboración de textos escolares.

La Constitución Política de 1833 y la propia orientación liberal del gobierno, garantizaban la libertad de enseñanza y la existencia de colegios y escuelas privadas. Sin embargo, salvo por parte de unos pocos particulares, algunos grupos de extranjeros y la Iglesia Católica, no hubo interés en relevar al estado de su tarea educacional. En su artículo 153, la Constitución Política de 1833 manifiesta que “*La Educación Pública es una atención preferente del Estado*”, y en su artículo 154: “*Habrá una Superintendencia de Educación Pública a cuyo cargo estará la inspección de la enseñanza nacional y su dirección bajo la autoridad de gobierno*” (Fortín, 1967, 2, pág. 531). La Constitución de 1833 sirvió además como marco teórico y jurídico para la expansión de las instituciones educacionales y científicas. En 1837 se creó el Ministerio de Justicia, Culto e Instrucción Pública, ocupado en primer lugar en forma interina por Diego Portales Palazuelos (1793-1837). Por Decreto de 17 de abril de 1839, la Universidad de San Felipe cambió oficialmente de nombre a “Universidad de Chile”. La ley que constituyó la Universidad de Chile delegó en ésta la Superintendencia de Educación, de acuerdo con el artículo 1540 de la Constitución Política de 1833. La Facultad de Filosofía quedó encargada de supervigilar a todas las ramas de la enseñanza.

Entre 1825 y 1860 la Ciencia alcanzó en Chile su acepción moderna y comenzó a entregar sus primeros frutos (Berríos y Saldivia, 1995). Llegaron varios importantes intelectuales, investigadores y científicos al territorio nacional. El escritor, educador y divulgador científico español José Joaquín de Mora (1783-1864), que se había radicado primero en Inglaterra debido a la reacción absolutista de 1823, y luego de Argentina, país que debió abandonar a la caída del gobierno que apoyaba, en 1827 llegó a Chile, donde permaneció durante tres años. Su entusiasmo por la ilustración e interés por los diversos aspectos del saber humano, estimularon el desarrollo intelectual en el país. En 1827 fundó el Liceo de Chile, institución que educó a eminentes hombres de la República.

El naturalista francés Claudio Gay Mauret (1800-1873) llegó a Valparaíso en 1828, contratado por el Gobierno de Chile para el estudio de la flora y fauna del país. Formó un Gabinete de Historia Natural, con materiales zoológicos, botánicos, fósiles y utensilios indígenas, base del actual Museo Nacional de Historia Natural y escribió una monumental obra, “*Historia física y política de Chile*”. El gramático, diplomático y jurista venezolano Andrés Bello López (1781-1865) arribó al mismo puerto en 1829, invitado por el gobierno chileno, abrió en su casa el Colegio de Santiago, en el que dictaba cursos de humanidades, de Ciencias políticas y de derecho, escribió una gramática de la lengua castellana y culminó su carrera académica en 1843 al ser nombrado Rector de la Universidad de Chile, cargo que desempeñó hasta su muerte.

El químico polaco Ignacio Domeyko Ancuta (1802-1889), se había graduado en 1822 como máster en Matemáticas y Física y había realizado cursos de astronomía, álgebra, química, botánica y zoología, logrando algunas de las distinciones más altas en la historia de la universidad. Debió salir de su país natal tras participar en la lucha armada contra los invasores rusos del zar Alejandro. Derrotada la insurrección, el exilio lo llevó a Dresden y luego a París, donde estudió en la Escuela de Minas de la Universidad Politécnica. Una vez graduado, en 1837, uno de sus profesores le informó a Ignacio Domeyko que había una oferta de trabajo en Coquimbo, Chile, como profesor de Química y Mineralogía. Llegó a Chile en 1838, contratado como un modesto profesor del Liceo de Coquimbo, pero antes de cinco años ascendió al primer plano entre las autoridades pedagógicas, y llevó a cabo una extensa reforma en los planes educacionales. Fue miembro de la Universidad de Chile desde 1843 y del Consejo Universitario desde 1846. Enseñó química en la Escuela de Medicina, y sucedió a Andrés Bello como Rector de la Universidad de Chile (Quezada,1993; Godoy y Lastra,1994; Jan Ryn, 1994).

El escritor, educador y estadista argentino Domingo Faustino Sarmiento Albarracín (1811-1888) se refugió en Chile en 1841. Fue maestro, subteniente de milicias, escritor, periodista, senador, ministro, director general de escuelas, sociólogo, diplomático, gobernador, promotor de la ciencia y Presidente de la Nación Argentina. Fue un activo militante político, lo que lo llevó varias veces al exilio, principalmente debido a su oposición a Juan Manuel de Rosas (1793-1877) y al caudillo riojano Juan Facundo Quiroga (1788-1835). En Chile, su actividad fue muy notable, tanto en la educación como en el periodismo, publicando artículos en los periódicos *El Mercurio de Valparaíso* y *El Progreso de Santiago*. Visitó Estados Unidos y Europa, donde publicó varias obras literarias. La llegada a Chile de estos notables intelectuales coincidió con la institucionalización de la enseñanza en Chile. Andrés Bello preconizaba una educación destinada preferentemente a la clase dirigente del país en formación, Domingo Faustino Sarmiento, en cambio, abogaba por la educación del pueblo como la mejor forma de provocar un cambio fundamental en la vida nacional

El médico y naturalista alemán Rodolfo Amando Philippi (1808-1904) llegó a Chile en 1851. Debido a sus ideas liberales, debió huir de Cassel con su familia en 1850 por la purga impuesta por los austríacos. La falta de perspectivas y la insistencia de su hermano Bernardo, encargado por el gobierno chileno de organizar la colonización del sur del país, hacen que se decida radicarse en Chile. En Santiago lo recibió Ignacio Domeyko Ancuta, entonces profesor de física y química del Instituto Nacional y Secretario de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Fue presentado al presidente de la República, Manuel Montt, ex profesor del mismo Instituto (Márquez, 1982).

Aunque era médico, Rodolfo Amando Philippi no ejerció esa profesión, asumiendo en octubre de 1853 el cargo de profesor de Zoología y Botánica de la Universidad de Chile, en abril de 1866 fue nombrado profesor de Ciencias Naturales del Instituto Nacional y en 1876 asumió la dirección del Museo de Historia Natural.

En 1841 asumió la Presidencia de la República el conservador Manuel Bulnes Prieto (1799-1866), y su gobierno, que se extendió hasta 1851, se preocupó especialmente por la educación, con el apoyo de su ministro Manuel Montt Torres (1809-1880), que en 1835 había sido Rector del Instituto Nacional, y que le sucedió en la Presidencia de la República entre 1851 y 1861, iniciando la época de los presidentes civiles. Manuel Bulnes y Manuel Montt se propusieron mejorar el nivel de instrucción de los ciudadanos, pensando que el pueblo modesto debía educarse para que pudiese ganarse la vida y cumplir con sus deberes. Comenzó así la tarea de construir el sistema nacional de educación. En 1842 se revitalizó la Universidad de Chile mediante una nueva ley orgánica, que establecía una universidad no docente, pero con una amplísima autoridad sobre todo el sistema educativo nacional, lo cual implicó dar a la educación chilena una primera organicidad.

En 1842, con el objeto de solucionar el problema de la falta de profesores, se fundó la Escuela Normal de Preceptores, la primera escuela del magisterio de Sudamérica, cuyo primer director fue Domingo Faustino Sarmiento. Desarrollaba estudios de tres años, durante los cuales se impartía una asignatura técnico-pedagógica, las otras eran generales. Diez años más tarde se creó la Escuela Normal de Mujeres. De acuerdo con la educadora Amanda Labarca Hubertson, en 1842 “*no frecuentaban los grados primarios más de 10.000 niños en toda la República, sólo el 1% de la población. En la enseñanza media llegaban a 2.000 (0,2%)*” (Labarca, 1939, pág. 132).

El 17 de septiembre de 1843 se realizó la ceremonia de instalación de la Universidad de Chile. En esa ocasión, su primer Rector, el gramático y jurista Andrés Bello López (1781-1865), pronunció un discurso en el que definió claramente la función científica de sus cinco Facultades-academias: Filosofía y Humanidades, Ciencias matemáticas y física, Medicina, Leyes y Ciencias políticas, y Teología. La Facultad de Filosofía y Humanidades tenía bajo su dirección a todas las escuelas primarias del país. En los primeros años, la Universidad de Chile funcionó como superintendencia de Educación, fomentando la investigación histórica y la difusión de las Ciencias y letras mediante sus “*Anales*”. Se reformuló el Instituto Nacional, y la enseñanza superior que impartía pasó a depender de la Universidad de Chile. El plan de estudios humanistas en la enseñanza secundaria se incorporó con mayor prontitud y amplitud en el Instituto Nacional, entre 1843 y 1857.



Hacia fines de 1842, Ignacio Domeyko elevó a la consideración de las autoridades su “*Memoria sobre el modo más conveniente de reformar la Instrucción Pública en Chile*”. Su propuesta fue acogida, y en 1843 se llevó a la práctica la reforma de los estudios secundarios siguiendo sus ideas (Cruz, 2002). Entre 1810 y 1840 todos los que habían opinado sobre esta materia concordaban en la importancia de la enseñanza religiosa y de las matemáticas, para el desarrollo del raciocinio, Domeyko entregó un proyecto concreto de plan de estudios que se centraba en la lengua y la literatura, y se introducía la Historia Natural en los planes de enseñanza media, hasta entonces puramente humanista (Cruz, 2002, pág. 29). Un breve decreto dictado el 25 de febrero de 1843 estableció el nuevo plan de estudios (Cruz, 2002, pág. 71), que constaba de Latín, Castellano, Inglés y Francés; Dibujo, Aritmética, Álgebra, Geometría y Trigonometría, Religión, Cosmografía, Geografía, Historia, Historia Natural, Física, Química, Retórica y Filosofía, plan que se desarrollaba durante seis años. La Historia Natural se entregaba mediante nociones elementales en primer año, junto con Latín, Aritmética y parte del Álgebra.

Entre 1851 y 1861 se crearon más de 500 escuelas públicas, que con los establecimientos municipales y particulares proporcionaban enseñanza a 46.000 niños. En 1856 se fundó la Sociedad de Instrucción Primaria, cooperadora de la acción del Estado. Se abrieron numerosas bibliotecas públicas. La Primera Ley Orgánica de Enseñanza Primaria, de 1860, ordenó abrir una escuela de niñas y otra de varones en todo Departamento de más de 2.000 habitantes y escuelas superiores en las Cabeceras de Departamentos y Capitales de Provincia. Estableció la creación de Escuelas de Temporada en los campos, aunque no se llevaron a la práctica. En 1860 existían 486 establecimientos fiscales que atendían a 23.000 alumnos. En 1872 Máximo Rafael Lira (1845- 1916), editor del periódico “*El Independiente*” de Santiago, luchó por ofrecer educación superior a las mujeres. En 1876, Isabel Le Brun solicitó que el Consejo Universitario validara los exámenes de su establecimiento, previa presentación de sus alumnas ante comisiones de la Universidad de Chile (Frías Valenzuela, 2000, pág. 236). Al año siguiente, el presidente de la República, Anibal Pinto Garmendia (1825-1884) y su ministro Miguel Luis Amunátegui Aldunate (1828-1888), ambos liberales, firmaron un decreto en el que se declara que “*las mujeres deben ser admitidas a rendir exámenes válidos para obtener títulos profesionales, con tal que se sometan para ello a las mismas pruebas a que están sujetos los hombres*”. Se inició así la enseñanza fiscal para la mujer en liceos, técnico-profesional, universitaria y normalista.

En 1878 el Gobierno de Anibal Pinto comisionó a José Abelardo Nuñez Murúa (1840-1910), abogado y pedagogo, quién se traslada a Estados Unidos y Europa para estudiar los sistemas, organización y métodos de la enseñanza primaria y especialmente lo relativo a las Escuelas Normales. Al año siguiente se promulgó la Ley sobre instrucción secundaria y superior, obra de Amunátegui, que estuvo en vigencia hasta 1927. Gracias a que estableció la gratuidad de la enseñanza secundaria y universitaria y se preocupó por la idoneidad del profesorado, la Ley sobre instrucción secundaria y superior contribuyó a levantar el nivel cultural de la clase media. Significó además aumentar el carácter profesional de la Universidad y consagró su tuición sobre la educación secundaria, mediante la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile (Godoy, 1982, pág. 419).

En 1883, sobre la base del informe presentado por José Abelardo Nuñez, durante el gobierno del también liberal Domingo Santa María González (1825-1889) se promulgó la Ley de Reforma Pedagógica, que produjo un vuelco radical en los procedimientos educacionales, con un cambio positivo en planes, programas y métodos. El plan de estudios vigente a partir de entonces en el liceo corresponde a seis años de humanidades (enseñanza científico-humanista) con dos Idiomas extranjeros (Alemán e Italiano), Historia de Europa y de Chile, Filosofía e Historia grecorromana, del Renacimiento y Moderna, Química, Física, Literatura española, francesa e italiana, Música y Gimnasia. Esta ley le entregó fondos al gobierno para construir edificios escolares, adquirir materiales didácticos y enviar profesores al extranjero para perfeccionarse. En febrero de 1884, el gobierno de Santa María comisionó nuevamente a José Abelardo Nuñez para que se trasladara a Europa con el propósito de contratar profesores alemanes para las Escuelas Normales y comprar materiales para la enseñanza primaria (Castedo, 1999).

Otras figuras claves de la educación chilena, Valentín Letelier y Claudio Matte, también fueron a Alemania a estudiar el sistema pedagógico. En 1885 comenzaron a llegar los profesores alemanes contratados por José Abelardo Nuñez, tomando a su cargo las dos Escuelas Normales de Santiago, de Concepción, Chillán y La Serena. Profesoras alemanas fueron contratadas como directoras de los primeros liceos de niñas. El mismo año se fundaron numerosas escuelas prácticas de agricultura y en 1886 se fundó la Academia Militar (Frías Valenzuela, 2000, pág. 282). El siguiente y último presidente de la República liberal, José Manuel Balmaceda Fernández (1838-1891), se propuso mejorar las deterioradas relaciones con la Iglesia Católica. Nombró como Obispo de Santiago a Mariano Casanova y Casanova (1833-1908), un conservador, y envió una carta a Su Santidad León XIII manifestándole su deseo de restablecer la armonía en las relaciones entre Chile y la Santa Sede.

Siguiendo el pensamiento de León XIII, el presbítero Mariano Casanova y Casanova extendió el decreto de fundación de la Universidad Católica de Chile, publicado el 21 de junio de 1888, en el que se especifica que se trata de una “*institución donde la razón y la fe cristiana armonicen*” (Godoy, 1982, pág. 420). Se nombró Rector al ex vicario Joaquín Larraín Gandarillas (1822-1897), que la dirigió hasta 1897, y el primer Secretario General fue Abdón Cifuentes, quien enseñó en ella durante 30 años. El 31 de mayo de 1889 se realizó la asamblea inaugural. Comenzó a funcionar con un curso de leyes, dictado por distinguidos juriconsultos conservadores.

Durante las administraciones de Domingo Santa María y de Balmaceda se construyeron edificios escolares y se adquirieron materiales de enseñanza. Durante el gobierno de José Manuel Balmaceda se encargaron gabinetes y laboratorios para la enseñanza experimental de las Ciencias Físicas y Naturales. Se fundaron dos liceos en Santiago y seis en provincias, incluyendo el primer liceo de niñas (actual Liceo 1 "Javiera Carrera"), todos gratuitos. Se implementó el plan de estudios concéntricos, que ya se había ensayado en algunos liceos, reemplazando al modelo francés, utilizado hasta entonces, a través del cual se enseñaba en forma sucesiva. El plan concéntrico fue adaptado para Chile por Valentín Letelier, Claudio Matte y Diego Barros Arana. Consiste en que los mismos contenidos se tratan en distintos niveles hasta alcanzarse un conocimiento medianamente profundo y satisfactorio. Las grandes entradas provenientes de las exportaciones de salitre permitieron al Presidente Balmaceda iniciar un amplio plan de mejoramiento de la educación. Hasta esta época los profesores de enseñanza media y superior eran profesionales casi siempre carentes de conocimientos y aptitudes pedagógicas. Para subsanar esta deficiencia, por decreto del 29 de abril de 1889 se fundó el Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile, con la misión de formar profesores para las distintas especialidades que se impartirían en los liceos y reformar la enseñanza secundaria. Predominó el conocimiento científico por sobre el arcaico concepto de “*la letra con sangre entra*”.

Valentín Letelier, quien como Secretario de la Legación de Chile en Berlín había publicado en 1883 en Alemania un folleto destinado a facilitar la inmigración de alemanes a Chile, realizó informes sobre el modelo pedagógico alemán que sirvieron de fundamento para la fundación del Instituto Pedagógico. Se contrató a expertos alemanes, proceso en el que intervino el embajador chileno en Berlín, Domingo Gana. El primer Rector del Instituto Pedagógico fue el biólogo Federico Johow Biehler (1859-1933), nacido en Kohmar, Pomerania. Fue uno de los impulsores de la enseñanza de la evolución biológica en Chile.

La guerra civil que derrocó a Balmaceda en 1891 desquició completamente el sistema educacional, porque la mayoría de los profesores eran opositores y fueron destituidos. En septiembre de 1891 la Junta de Gobierno exoneró a los balmacedistas que habían ocupado sus cargos. Puede considerarse que el período de la educación chilena que comenzó en 1842, durante el gobierno de Manuel Bulnes, se extendió hasta 1912. Durante esos años se produjo un desarrollo progresivo del sistema educativo, con cierto mejoramiento de su base material y la primera modernización. El país era controlado por una minoría aristocrática, conservadora, católica, ligada primero al dominio de la tierra, más tarde asociada a empresarios enriquecidos. La tarea de establecer las bases del sistema educativo sólo pudo ser asumida por políticos, intelectuales y educadores ligados a la oligarquía, y la construcción del sistema se produjo verticalmente. En las últimas dos décadas del siglo XIX, la prosperidad salitrera había permitido asignar importantes recursos a la extensión y mejoramiento de la educación. Según Julio César Jobet (1912-1980), en 1887, de 550.000 niños de entre 6 y 14 años, concurrían a las escuelas primarias 113.000, alrededor de un 20,5 % (Jobet 1970, pág. 269).

En 1908, la matrícula de la enseñanza primaria ascendía a 249.073, correspondiendo al sector estatal un 87,4%. En ese año había 7.190 jóvenes en liceos de hombres y niñas, 1.285 en institutos comerciales, 1.726 en escuelas normales y 5.506 en establecimientos técnico-profesionales. La Universidad de Chile tenía 1.185 estudiantes, la Universidad Católica 530 (Jobet 1970, pág. 293). En 1911, Francisco Antonio Encina Armanet (1874-1965) escribió en *“Nuestra Inferioridad Económica”* que el principal problema de la educación chilena es su orientación extranjerizante y su incapacidad de preparar ciudadanos aptos para el desarrollo económico, planteamientos que fueron debatidos en el Congreso Educacional de 1912, donde se enfrentaron partidarios de la educación intelectual y humanista con partidarios de la educación práctica y técnica (Fortín, 1967, 2, pág. 535).

El 2 de enero de 1912 se decretó un nuevo *“Plan de Estudios y Programa de Instrucción Secundaria”*, aprobado por el Consejo de Instrucción Pública para los Liceos del Estado. En el se establecen dos horas semanales de Ciencias Naturales en cada uno de los seis años y se explica que empieza a aplicarse en 1913 en el primer año de humanidades y cada año siguiente se implementará en el curso sucesivo, hasta que en 1918 se implementará por completo hasta el sexto año de humanidades (Anónimo, 1916, pág. 8). En sexto humanidades se incluyó el tema *“Teoría de la Evolución”*, que contempla tres grandes divisiones: *“Reseña histórica de las teorías establecidas sobre el origen de las especies, desde Linneo hasta Darwin”*, *“Pruebas del transformismo i de la eficacia de la selección natural”* y *“Defectos i vacíos de la teoría darwiniana”* (Anónimo, 1916, págs. 214-216).

El período 1912 - 1938 fue una etapa conflictiva en la educación chilena. Las clases medias en ascenso aspiraban al control del sistema educativo, a instrumentalizarlo en su beneficio y a favorecer el proyecto de desarrollo nacional democrático y modernizador. El educador Darío Salas Díaz (1881-1941) retomó las ideas de Domingo Faustino Sarmiento, realizando una campaña por una educación primaria generalizada, obligatoria y gratuita para todos. En 1917 publicó “*El Problema Nacional*”, destacando la existencia de 1.600.000 analfabetos mayores de seis años, en una población que en 1920 llegaba a 3.753.799 habitantes. En 1918, Amanda Labarca Hubertson (1886-1975) viajó a Estados Unidos con el encargo del gobierno de estudiar el sistema escolar de ese país. En 1920 se promulgó la Ley 3654 de Instrucción Primaria Obligatoria, que impuso la obligación de enviar a la escuela primaria a los niños de siete años, al menos por cuatro años. Estableció la continuidad natural de la educación primaria y secundaria y la gratuidad para la educación primaria.

Sin embargo, la crisis del modelo económico basado en la monoexportación de salitre llevó a restricciones del erario nacional a partir de 1918, lo cual repercutió en el gasto educacional. La promulgación de la ley de Instrucción Primaria Obligatoria coincidió con la primera llegada a la Presidencia de la República (1920-1925) de Arturo Alessandri Palma (1868-1950), en representación de sectores sociales y políticos emergentes y con el paso del poder político del Parlamento al Presidente. El crecimiento de la matrícula en educación primaria fue un detonante que obligó a abrir el sistema en el nivel de educación secundaria, que a su vez presionó para la creación de nuevas universidades, fundadas en provincias: Universidad de Concepción (1919), Universidad Católica de Valparaíso (1928), Universidad Técnica Federico Santa María (en Valparaíso, 1931).

La Constitución Política de 1925 mantuvo equilibrio en las responsabilidades educativas de familia, Iglesia y Estado. Siguió vigentes los principios fundamentales de igualdad ante la ley y libertad de opinión, pero orientados a la justicia social y con intencionalidad de producir modificaciones sociales y culturales. En su artículo 10, inciso 7, garantizó la libertad de enseñanza paralelamente con la educación estatal. Tanto a los particulares como al Estado les correspondía sostener la educación nacional, y obligó al Estado a financiar la educación privada gratuita.

Entre el 23 de diciembre de 1925 y el 7 de abril de 1927 gobernó el país Emiliano Figueroa Larraín (1866- 1931), siendo sucedido por Carlos Ibáñez del Campo (1877-1960), que asumió la presidencia el 21 de julio de 1927. Durante 1926 se realizaron dos Congresos Pedagógicos que abordaron el Sistema Educacional, uno convocado por la Sociedad Nacional de Profesores Secundarios, el otro organizado por los estudiantes de la Universidad de Chile.

En la Quinta Convención de la Asociación General de Profesores, realizada en 1927 en Talca, se aprobó por aclamación el “*Plan de Reforma Integral de Nuestra Enseñanza Pública*”, que sirvió de base para una nueva reforma de la educación chilena. El 20 de agosto de 1927, el nuevo presidente, Carlos Ibáñez del Campo, designó una comisión para reformar el sistema educacional, promulgando para ello el Decreto con Fuerza de Ley número 7.500 del 10 de diciembre de 1927. Gradualmente el Estado se constituyó en el motor del desarrollo de la educación en Chile. La reforma educacional de 1927 consagró el Estado docente, estableciendo que: “...*la educación es función propia del Estado, quién la ejerce por medio del Ministro de Instrucción Pública*”. Estableció distintos niveles formativos y tres áreas geográfico-regionales: urbana, suburbana y rural. Procuró transmitir valores morales: honradez, disciplina, responsabilidad, probidad y respeto por los derechos de los demás, comprometiendo en la enseñanza a los alumnos, maestros, padres y apoderados, familias, empresarios y gobierno. La reforma educacional daba especial énfasis a la pedagogía activa y al sentido nacionalista. También se dictó una Ley de Autonomía Universitaria, que garantizó la independencia académica y administrativa de las Universidades. En la segunda parte del gobierno de Carlos Ibáñez, en el contexto de su esfuerzo por construir el moderno Estado Chileno, se establecieron las bases de la organización administrativa de la educación, que perduraron durante unos 50 años. El Ministerio de Educación Pública se transformó en un potente motor de cambios y transformaciones sociales, asumiendo tareas relevantes, como reformar la educación nacional a partir de los postulados de John Dewey (1859-1952) y Edouard Claparede (1873-1940).

Entre 1927 y 1931 se promovieron cuatro grandes reformas educacionales con diferentes equipos humanos. Hasta 1927 existía el Ministerio de Justicia e Instrucción Pública, que controlaba la educación primaria y algunas ramas de la secundaria. Lo reemplazó el nuevo Ministerio de Educación Pública, controlando todos los niveles del sistema educacional y acogiendo en su interior a las ramas especializadas de la educación secundaria, radicadas hasta entonces en los Ministerios de Agricultura, Comercio y Obras. El Decreto 7.500, de diciembre de 1927, dio origen a un ambicioso y avanzado intento de reforma general de la educación, promovida principalmente por un grupo de maestros primarios. La reforma creó la Superintendencia de Educación, órgano ejecutivo integrado por directivos de departamentos, los rectores de la universidades estatales, el rector de una universidad privada y dos representantes de la actividad productiva. Se estableció una educación primaria de seis años, obligatoria y gratuita, incluyendo escuelas rurales, granjas o de concentración, escuelas para minusválidos, vespertinas y nocturnas. La educación secundaria también se organizó seis años, dividida en un primer ciclo de enseñanza integral y un segundo ciclo de preparación para la educación superior, incluyendo educación artística y educación física.

La inestabilidad política y la depresión económica impidieron la plena aplicación de este proyecto, pero se incorporaron las ideas de la Escuela Nueva, que se proyectaron más allá. Se produjo un choque entre la orientación nacionalista del Gobierno y las posiciones socialistas y anarquistas predominantes en las cúpulas gremiales del profesorado. Tras acusaciones de la autoridad militar de infiltración política subversiva, se clausuraron varias Escuelas Normales. Tras el cambio de Ministro de Educación se inició una política de persecución al Magisterio y el D.F.L. 7.500 fue modificado y finalmente derogado el 14 de noviembre de 1928.

El Decreto Orgánico del 22 de enero de 1929 estableció la introducción de asignaturas de carácter variable y de actividades de orientación educacional y vocacional en los planes de enseñanza secundaria. La ley de Educación Primaria Obligatoria de 1929 se basó en los principios de obligatoriedad, gratuidad y laicidad (Fortín, 1967, 2, pág. 535). Definió la finalidad de la educación primaria, fijando su plan de estudio y dando constitución legal a las escuelas primarias experimentales. El presidente Carlos Ibañez del Campo (1877-1960) dimitió el 26 de julio de 1931 y se exilió en Argentina. La caída de su Gobierno y una secuencia de gobiernos de corta duración disminuyeron la relevancia de la educación en la opinión nacional.

Hasta 1928 se había producido el avance de la escolarización, el esfuerzo creciente por renovar la enseñanza y un retroceso de la influencia oligárquica y del tradicionalismo educativo, pero a partir de ese año se frenó el crecimiento del sistema, se reimpusieron rasgos tradicionales y los grupos medios debieron ceder parte de sus posiciones, especialmente durante el segundo gobierno de Arturo Alessandri Palma (1933- 1938). En 1936, se crea la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales, sin embargo hacia fines de 1938 se habían construido unos pocos edificios nuevos. En 1936 la matrícula de las escuelas primarias fiscales era de 436.000 plazas y la enseñanza estatal secundaria atendía a 27.200 alumnos (Labarca, 1939 pág. 309).

En 1938, con la elección del presidente Pedro Aguirre Cerda (1879-1941), radical, por la coalición del "*Frente Popular*", se produjo una recuperación de la influencia de los sectores medios, en alianza con la clase obrera urbana. Comienza una nueva lucha por el control del sistema educativo; nuevos grupos sociales, particularmente las clases medias, pugnan por participar hegemonícamente en la educación. Pedro Aguirre Cerda era profesor y su lema fue "*Gobernar es educar*". Autor de "*La instrucción secundaria en Chile*", durante su mandato se crearon más de mil escuelas primarias y más de mil cargos docentes.

Los Liceos Experimentales tuvieron por objeto transformar la enseñanza secundaria en un instrumento para el adelanto económico y social. En 1945 se desarrolló un Plan de Renovación Gradual de la Educación Secundaria que buscaba ajustar la educación a los cambios de la sociedad chilena. Irma Salas Silva (1903- 1987), hija del educador Darío Salas Díaz, presidió la Comisión para ese objeto. En 1953, durante el segundo Gobierno del Presidente Carlos Ibáñez del Campo, fue designado Ministro de Educación el destacado educador Juan Gómez Millas, Decano de la Facultad de Filosofía y Educación de la Universidad de Chile (conocido tradicionalmente como “*Pedagógico*”, actualmente Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación). Con la colaboración de otro eminente maestro, Oscar Vera Lamperein, elaboraron y obtuvieron la aprobación de la Ley Orgánica que crea, al fin, la Superintendencia de Educación Pública, mediante la dictación del D.F.L. N° 104 del 3 de junio de 1953. En su Mensaje ante el Congreso Pleno, el 21 de Mayo de 1954, el Presidente Ibáñez precisó extensamente sus alcances. En 1954 se fundó la Universidad Austral de Chile, en Valdivia, y en 1964 la Universidad del Norte.

A comienzos de la década de 1960, una serie de señales indicaban el retraso con que Chile enfrentaba una nueva época, caracterizada por ejemplo por el surgimiento de la televisión, el mejoramiento de las comunicaciones radiales, la aparición de radios portátiles y otros artículos importados, tales como lavadoras, refrigeradores, etc. Por ello, el gobierno encabezado por el ingeniero Jorge Alessandri Rodríguez (1896- ) dispuso en 1962 la formación de la “*Comisión para el planeamiento integral de la Educación*”, cuyo objetivo principal fue realizar un diagnóstico de la situación educacional y proponer soluciones. En 1964 se publican los resultados de dicho estudio, cuyas principales conclusiones fueron: Se mantenía la educación primaria de las escuelas como un ciclo terminal y las escuelas preparatorias subsistían como única manera de ingresar a la educación secundaria. Si un alumno de escuela primaria quería entrar a un Liceo, era rebajado un curso a lo menos. Ciento ochenta mil niños se encontraban al margen de la educación elemental o primaria, y lo peor es que se carecía de profesores e infraestructura para recibirlos en el sistema. A los Liceos se incorporaban los estudiantes que provenían de escuelas preparatorias, pertenecientes a la clase media y mediaalta, debiéndose conformar con escuelas técnicas y vocacionales los alumnos de escuelas primarias comunes y cuyo origen eran la clase media-baja y baja. Ciento sesenta mil jóvenes entre 15 y 18 años, no trabajaban ni tampoco estudiaban. Los planes y programas de estudio del sistema primario y secundario, se encontraban obsoletos, el alumno egresaba de la enseñanza secundaria con una formación incompleta y con una notoria tendencia a la erudición memorística, careciendo de iniciativa personal, de creatividad y de hábitos de estudio.



A lo dicho hay que añadir el ausentismo escolar, la deserción, la repitencia, la dispersión de edades, la mala nutrición de los escolares que incidía en la alta repitencia, “*es importante destacar que la desnutrición de un extenso sector de la población infantil chilena ha tenido incidencia en cada uno de los factores educacionales ya mencionados, lo que ha motivado la replanificación de la asistencialidad de la población escolar.*” La gestión y administración educacional estaba tan centralizada, que se realizaba toda la gestión en el Ministerio de Educación Pública, con burocracia, superposición de funciones, con reglamentos, circulares e instructivos múltiples. Santiago decidía todo. Por ejemplo, la Dirección de Educación Primaria y Normal, atendía la educación pre-escolar, la educación básica, también la educación secundaria (Humanidades y Técnico-profesional) en sus escuelas consolidadas, educación superior en sus Escuelas Normales y perfeccionaba a sus profesores (Escuela Normal Superior). Esto es una muestra clara de lo que entorpecía un funcionamiento armónico, coherente y coordinado del Ministerio de Educación, pese a que esta Dirección era la única que tenía presencia en provincias y departamentos. Toda la educación secundaria dependía administrativamente de Santiago. Por último, la educación como sistema carecía de metodologías de planificación de mediano y largo plazo, y de evaluación, que permitiera examinar con cierto método y rigurosidad, la globalidad del problema educativo, impidiendo con ello las necesarias rectificaciones o modificaciones oportunas.

Entre 1964 y 1970, durante la presidencia de Eduardo Frei Montalva (1911-1982), demócratacristiano, se emprendió un amplio plan de Reforma Educacional. La enseñanza primaria se amplió de seis a ocho años, pasando a denominarse *enseñanza básica*, y la secundaria se redujo de seis a cuatro, con el nombre de *enseñanza media*. La Superintendencia de Educación desempeñó un papel articulador esencial en la puesta en marcha de la Reforma. En su Consejo Nacional se presentaron, discutieron, analizaron, modificaron y aprobaron todas las instancias de la Reforma de Frei Montalva, y con la participación de todos los sectores implicados en el Sistema Educacional, entre ellos, los representantes de las instituciones gremiales del Magisterio.

Con la instauración del gobierno de la Unidad Popular, encabezado por Salvador Allende Gossens (1908-1973), socialista, en noviembre de 1970, comienza un nuevo período en la educación chilena. Aunque en diversos aspectos existe continuidad con el período anterior, llegó a un máximo el proceso expansivo de la educación. Se amplió notablemente la participación de los sectores populares en el usufructo y control de la educación, y se esbozaron proyectos de cambio con orientaciones y contenidos divergentes con los de la reforma de 1965.

Se planteó una discusión nacional, propiciada por el Ministerio de Educación, la Central Única de Trabajadores y el Sindicato Único de Trabajadores de la Educación (SUTE), que culminó a fines de 1971 con un Congreso Nacional de Educación. A partir de este debate público el gobierno de Allende extrajo las líneas fundamentales de su proyecto educacional. Un segundo paso fue la elaboración, aprobación y promulgación de un *Decreto de Democratización*, que estableció una red de Consejos de Comunidad Escolar, de cada establecimiento, y Consejos Locales, Provinciales y Regionales de Educación, con representación de las distintas fuerzas sociales e instituciones interesadas en el proceso educativo.

Durante el gobierno de Allende se produjo un fuerte crecimiento del sistema educativo y su democratización mediante programas de asistencialidad estudiantil, fuerte incremento de contratación de docentes, incremento de las remuneraciones de los profesores en términos reales, profundización y ampliación del perfeccionamiento masivo a través de Talleres de Educadores. En marzo de 1973 se anunció la puesta en marcha del plan de la Escuela Nacional Unificada (ENU), que buscaba establecer un sistema educativo pluralista, democrático y popular, bajo la dirección del Estado. Inmediatamente se levantó una polémica que dejó en un segundo plano a los aspectos educacionales y se centró en consideraciones políticas e ideológicas. Los sectores opositores lo calificaron de “*intento de concienciación de la juventud*”, utilizando su rechazo dentro de una campaña tendiente a desestabilizar al gobierno, que debió retirar el proyecto. En la fuerte controversia participaron los diversos sectores involucrados, incluyendo la Iglesia Católica, cuya jerarquía hizo una crítica moderada, y los mandos militares, que manifestaron un decidido rechazo.

Tras un cruento golpe militar, el gobierno de Augusto Pinochet Ugarte (1973- ) produjo varios cambios en la educación chilena. En el Régimen Militar, no tenía cabida un organismo participativo y democrático como era la Superintendencia de Educación, que murió lentamente. Las clásicas tres Direcciones Generales se fusionaron hacia 1978 en una dirección única de educación encargada de velar por el cumplimiento de la política educacional, impartiendo normas pedagógicas para la orientación, supervisión y evaluación del sistema escolar. Más adelante se estableció que la Superintendencia de Educación dejaría en manos de la Dirección de Educación sus funciones de índole técnico-pedagógico. Finalmente, lo que quedaba de la Superintendencia se transformó en Oficina de Planificación y Presupuesto, desapareciendo así el último vestigio de participación democrática en educación.

Mediante el decreto ley N° 353 de 11 de marzo de 1974, el gobierno militar puso fin a 132 años de existencia de las Escuelas Normales. La formación de profesores fue asignada a las Universidades estatales y privadas. La gran mayoría de los alumnos normalistas eran de condición humilde, hasta entonces su educación era gratuita, existía un adecuado régimen de internado y un contrato de trabajo seguro al término de los estudios, que transformaba al normalista en un digno funcionario del Estado. Muchos ven en esta medida un atisbo de la aplicación del principio de la subsidiaridad o de la economía de mercado, sin embargo en su cierre influyeron también factores tales como la excesiva politiquería, la mala calidad de la enseñanza, deficiencias en su organización, gastos excesivos, fondos del erario nacional mal utilizados, todo lo cual fue recogido por una comisión *ad hoc* y que recomendó al gobierno de la época su cierre.

Durante el gobierno militar se aprobó la constitución de 1980, que por primera vez separa el derecho a la educación de la libertad de enseñanza. El Estado reduce tanto su responsabilidad cuanto su ingerencia, lo que transforma el concepto de ser un Estado Docente o cuasi docente en un Estado Subsidiario. La constitución de 1980 asigna una absoluta importancia a la acción y responsabilidad de los padres, lo que es concordante con lo que la Iglesia Católica había manifestado en “*Gravissimum Educationis Momentum*” y en la encíclica de Pío XI “*Divini Illius Magistri*” sobre educación cristiana de los jóvenes. Otro aspecto fundamental es la presencia de la comunidad como agente educativo muy activo, los padres tienen una importante participación, y el Estado auxilia, protege, promueve y hasta hace de líder, pero no se responsabiliza en el ejercicio de este derecho, que es de carácter social, a diferencia de la libertad de enseñanza que es de naturaleza personal o individual. La libertad de enseñanza, como garantía separada, consagra como limitaciones aquellas que impone la moral, las buenas costumbres, el orden público y la seguridad nacional, conceptos muy controvertidos.

En 1980 se dictó el DFL. N° 1- 3063 del Ministerio del Interior, dando comienzo al traspaso de establecimientos educacionales a los municipios. El traspaso implicaba radicar en la Municipalidad respectiva la gestión respecto del servicio educacional, transformando a la Municipalidad en sostenedor, y dotándola de recursos humanos (profesores, personal administrativo, servicios menores y docente superiores), recursos materiales (bienes muebles, inmuebles, materiales de enseñanza y didáctico) y recursos financieros (subvención por alumno igual a la educación particular subvencionada).

El Ministerio de Educación se reservó los aspectos técnico-pedagógicos y la fiscalización de correcto uso de los dineros, que por concepto de subvención se entregaban mensualmente a los municipios. El proceso duró aproximadamente cinco años y afectó a la enseñanza básica y media de todo el país. Los profesores fueron traspasados y percibieron sus desahucios, no siendo consultados sobre si querían o no perder su condición de profesores fiscales, aunque siguen en el sector público. El DL. N° 3166 de 1980 autorizó a traspasar los establecimientos técnico-profesionales a Corporaciones sin fines de lucro, estableciendo un procedimiento ligeramente diferente. Se prefirió aquellas Corporaciones privadas que tenían por su función relación directa con la formación de los estudiantes.

El 14 de diciembre de 1989, fue elegido Presidente de la República de Chile el abogado Patricio Aylwin Azócar (1918- ), candidato por la Concertación por la Democracia. El 11 de marzo de 1990 recibió la banda que lo convertía en el primer presidente democrático en 17 años y en el segundo demócratacristiano en la historia del país. Gobernó entre 1990 y 1994. El profesorado recibió un reconocimiento a su función, con la dictación de la ley 19.070 de 1991 y el Estatuto de los Profesionales de la Educación.

En la década de 1990, Chile se vio obligado a comenzar a incorporar un valor agregado a sus productos y para ello demandó de la educación un recurso humano con mayor calificación, encontrándose que ésta no podía proporcionar dicho capital, necesario para el desarrollo económico del país. El Gobierno debió atender al sector educativo y diseñó *programas de intervención*, tales como el P-900 (programa de nivelación en las 900 escuelas con más bajo rendimiento en el país) y el P-200 (programa de inserción a la vida del trabajo y la creatividad). El programa de las 900 escuelas es una estrategia de apoyo técnico y material que inició el MINEDUC en 1990, con el objetivo de mejorar la calidad de los aprendizajes de los alumnos de escuelas básicas con riesgo educativo. A fines del gobierno de Aylwin se diseñó y se puso en marcha el “Programa MECE” (Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la educación), de mejoramiento y calidad de educación.

En 1996, bajo la presidencia de Eduardo Frei Ruiz-Tagle (1942- ), también demócratacristiano, se inició la reforma curricular para la enseñanza básica y media, que se planteó como modificaciones efectivas en el qué, el para qué y el cómo del proceso de la enseñanza aprendizaje escolar. En enero de 1996 se aprobaron los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos para la enseñanza básica y se iniciaron los estudios para el cambio curricular en el nivel medio.

Esta Reforma impulsada por Eduardo Frei Ruiz-Tagle buscó mejorar la educación en calidad, equidad y participación, respondiendo a la obligación de invertir en la cualificación del capital humano del país como una manera efectiva de contribuir a una mayor perfección en la participación de Chile en el mercado mundial. El 21 de mayo de 1996, el Presidente de la República, Eduardo Frei Ruiz-Tagle, señaló en su mensaje de apertura de la legislatura ordinaria del Congreso Nacional, que se había dispuesto poner en marcha un proceso de reforma educacional y que se han tomado las providencias para realizar una mayor inversión en educación, *“el Gobierno ha asumido el compromiso de aumentar el gasto total de educación, hasta totalizar un 7% del Producto Interno Bruto (PIB), en ocho años; lo que dada la tasa de crecimiento económico significaría duplicar el presupuesto de la cartera en el período”*.

Esta reforma educacional ha continuado bajo el mandato del actual Presidente de la República, Ricardo Lagos Escobar (1938-), que asumió el mando de la nación el 11 de marzo de 2000.



## **CAPÍTULO II. EL EVOLUCIONISMO EN CHILE**

---

## **11. CHILE EN LOS INICIOS DEL EVOLUCIONISMO**

11.1. La supuesta contribución de Juan Ignacio Molina

11.2. La estadía de Charles Darwin en Chile

## **13. EL EVOLUCIONISMO EN LOS MEDIOS INTELECTUALES Y CIENTÍFICOS CHILENOS**

12.1. La introducción del Evolucionismo en Chile

12.2. Los conflictos en torno al Evolucionismo

12.3. El evolucionismo en el ámbito científico chileno



## 11. CHILE EN LOS INICIOS DEL EVOLUCIONISMO

### 11.1. La supuesta contribución de Juan Ignacio Molina

Al primer naturalista y filósofo chileno, sacerdote jesuita Juan Ignacio Molina y Opazo (1737-1829) se le suele considerar entre los precursores de las ideas de la evolución biológica (Espinosa, 1946; Villalobos, 1960 nota en pág. 43; Gunckel, 1970, 1970a; Rothhammer, 1981, pág. 13; Sandoval, 1997) . En una de sus Memorias, *“Analogías menos observadas de los tres reinos de la naturaleza”*, Juan Ignacio Molina comparó los reinos de la Naturaleza: *“Para no apartarse del plan de la naturaleza, se podrían admitir tres especies de vida, esto es, la vida formativa, la vegetativa y la sensitiva; pero de modo que la primera, destinada a los minerales, participe en algún grado de la segunda, propia de los vegetales, y ésta, de la tercera, asignada a los animales”* (Molina, 1815, pág. 10). El trabajo finaliza: *“las consecuencias que de ello se pretenderá extraer no podrán satisfacer jamás a aquellos que no se contentan con considerar los objetos en particular, sino que elevándose con la mente al designio que tuvo presente el Creador en la constitución del Universo, observan en él la multiplicidad de las relaciones que avicinan a todos los seres entre sí, y ven desaparecer las distancias inconmensurables que se supone existen entre el hombre y la más pequeña planta criptógama, y entre ésta y el fósil más informe”* (Molina, 1815, pág. 65).

El texto, en el que se ha apreciado un tinte evolucionista, le significó a Molina la acusación ante la curia romana, por parte del censor de la Universidad de Bolonia, su exalumno Camilo Ranzani, de propagar una herejía. El arzobispo de Bolonia le exigió la entrega del manuscrito y le retuvo el permiso para dictar clases. Sin embargo, después de ser revisada por dieciocho teólogos, el Tribunal de la Inquisición lo absolvió, la Memoria le fue devuelta por no existir en ella nada contrario al dogma, y en 1820 recibió el permiso para publicarla con la condición de adjuntar una explicación o “auto de fe”. En julio de 1820, el Papa Pío VII firmó el decreto que restituyó a J. I. Molina el título de miembro de la Academia de Ciencias de Bolonia (Espinosa, 1946; Gunckel, 1970a; Sandoval, 1997). En realidad, en las *“Analogías menos observadas de los tres reinos de la naturaleza”* no se hacen planteamientos claramente evolucionistas, como se ha supuesto, Molina más bien supone una Creación independiente pero con eslabones que dan unidad a toda la obra, idea que encontramos, por ejemplo, en Barros Grez (1879, pág. 126). Era una opinión común en el siglo XVIII que en la Naturaleza existiría una *“escala”* o *“gran cadena de los seres”*, creciendo en complejidad desde los minerales al ser humano, idea que fue planteada ya por Aristóteles (384-322 a.C.).

Esta idea presenta una semejanza superficial con la idea evolutiva, a diferencia de la cual esta cadena tiene un sentido espacial y no temporal, es fija, estática e inmutable (Eiseley, 1963, pág. 64).

## 11.2. La estadía de Charles Darwin en Chile

Una segunda instancia que vinculó a Chile con el evolucionismo fue la estadía en el país, durante su célebre viaje en el “*Beagle*”, del fundador del evolucionismo moderno, Charles Robert Darwin (1809-1882). Más de la tercera parte del libro de Darwin, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, está dedicada a Chile (Keller, 1959-1960). En una carta que envió Darwin a John Stevens Henslow desde Valparaíso, el 24 de julio de 1834, comenta respecto a las numerosas personas que se dedican en Chile a las Ciencias Naturales: “*Había esperado hacer durante este tiempo una buena colección de insectos, etc., pero ha sido imposible. No lo siento demasiado, porque Chile está bastante lleno de Recolectores; aquí hay más Naturalistas que Carpinteros o Zapateros o representantes de cualquier otra profesión honrada*” (Burkhardt, 1999, pág. 64).

Aunque se suele afirmar que Charles Darwin concibió sus ideas evolutivas en islas Galápagos, él afirma (Darwin, 1977, pág. 85) que durante su viaje quedó impresionado por tres hechos principales que le sugerían la transformación de las especies: los grandes mamíferos fósiles acorazados de las Pampas argentinas similares a los armadillos, que viven actualmente solo en esta parte del mundo, la substitución de las faunas por formas afines viajando de norte a sur por el continente sudamericano y los organismos de Islas Galápagos. En el diario de viaje de Charles Darwin podemos encontrar observaciones en este sentido cuando compara las faunas de ambas vertientes de los Andes: “*La considerable diferencia que existe entre la vegetación de esos valles orientales y la de los de Chile no deja de extrañar mucho, porque el clima y la naturaleza del suelo son casi idénticos en absoluto y la diferencia de longitud es insignificante. La misma observación puede aplicarse a los cuadrúpedos y, en grado algo menor, a las aves e insectos*” (Darwin, 1996, pág. 226). También influyó en las ideas de Charles Darwin acerca del origen del hombre la impresión que le produjeron los nativos de Tierra del Fuego: “*Cuando se ve a tales hombres, apenas puede creerse que sean seres humanos, habitantes del mismo mundo que nosotros. A menudo se pregunta uno qué atractivos puede ofrecer la vida a algunos de los animales inferiores; ¡la misma pregunta podría hacerse, y aún con mayor razón, respecto a tales salvajes!*” (Darwin, 1996, págs. 70-71).

Las observaciones paleontológicas que Charles Darwin realizó en los Andes chilenos le hicieron pensar en la antigüedad de las montañas, y las que realizó sobre los efectos del terremoto de Concepción, en Chile, influyeron en su adhesión al actualismo de Sir Charles Lyell (1797-1875) y al gradualismo evolutivo. Esto se deduce claramente a partir de una carta que Charles Darwin envió desde Valparaíso a sus hermana Susan el 23 de abril de 1835, y de otra que remitió a John Stevens Henslow desde el mismo puerto el 24 de julio de 1834. A Susan escribe: *“Lo que es mucho más importante, he conseguido conchas fósiles (de una altitud de 12.000 pies). Creo que un examen de esas conchas dará una edad aproximada para esas montañas, en comparación con los estratos de Europa; en la otra línea de las cordilleras hay una sólida sospecha (desde mi punto de vista, convicción) de que la edad de la enorme masa de montañas, cuyos picos se elevan hasta 13.000 y 14.000 pies, es tan reciente que les permite ser contemporáneas de las planicies de la Patagonia (o aproximadamente de la misma edad que los estratos superiores de la isla de Wight); si este resultado llegara a demostrarse sería un hecho muy importante para la teoría de la formación del mundo. Porque si cambios tan maravillosos han tenido lugar tan recientemente en la corteza terrestre, no hay razón para suponer períodos anteriores de violencia excesiva”* (Burkhardt, 1999, pág. 70, Darwin, 1959-1960, pág. 103); *“El Cap Fitz Roy ha investigado con admirable precisión el nivel relativo de la tierra y el agua, desde el gran Terremoto. La elevación es desigual y partes de la costa se están volviendo a asentar ahora, probablemente en cada pequeño temblor que todavía continúa. La isla de Santa María se ha elevado 10 pies; el Cap. Fitz Roy encontró un lecho de moluscos con peces putrefactos de muchos pies por encima de la marca de agua más alta”* (Burkhardt, 1999, pág. 71; Darwin, 1959-1960, pág. 104).

En la carta a Henslow, Darwin dice: *“Me ha interesado mucho el hallazgo de abundancia de conchas recientes a una elevación de 1.300 pies; en muchos lugares del país hay esparcidas conchas, pero son todas litorales. Por tanto, supongo que la elevación de 1.300 pies se habrá debido a una sucesión de pequeñas elevaciones como las ocurridas en 1822”* (Burkhardt, 1999, pág. 64). En esta misma carta hay un interesante comentario respecto a semejanzas de especies actuales y fósiles de moluscos en relación con su distribución geográfica, lo cual puede ser un indicio de que Charles Darwin estaba ya pensando en afinidades evolutivas: *“Al Sur del R. Maypo examiné las llanuras Terciarias ya parcialmente descritas por M. Gay. Me parece a mí que las conchas fósiles son bastante más diferentes de las recientes que las de la gran formación de la Patagonia”*. Por “M. Gay” se refiere a Monsieur Claudio Gay, que había descrito esos materiales en *Annales des Sciences Naturelles* 28:369-393, 1833.

La estadía en Chile de Charles Darwin no pasó inadvertida para las autoridades ni para los intelectuales y científicos nacionales. El Presidente de la República, José Joaquín Prieto y Vial (1786-1854), extendió a Darwin y a Robert Fitz-Roy sendas cartas con el fin de que se les dieran facilidades para realizar sus trabajos científicos por parte de intendentes, gobernadores y jueces. En el periódico "*El Mercurio*" se registraron las entradas y salidas del Beagle a Valparaíso y en 1839 y 1840, Andrés Bello tradujo para el periódico "*El Araucano*" varios artículos británicos acerca del viaje. En Chile, Charles Darwin se entrevistó en al menos dos oportunidades con Claudio Gay, Director del Museo Nacional de Historia Natural (sin duda de su propio autor recibió el artículo publicado por Gay que cita en la carta mencionada, el que se había publicado el año anterior en Francia), y casi cincuenta años después, pocas semanas antes de morir, Darwin escribió el 3 de abril de 1882 una carta al Dr. Rodolfo Amando Philippi agradeciendo el envío de un catálogo de vegetales chilenos de su autoría (Yudilevich y Castro, 1996, págs. 32-33).

## 12. El evolucionismo en los medios intelectuales y científicos chilenos

### 12.1. Introducción del Evolucionismo en Chile

Probablemente la primera mención del evolucionismo en un libro publicado en Chile, se encuentre en el texto de Louis Figuier (1819-1894), *Exposición e historia de los descubrimientos modernos*, traducido del francés por Domingo Faustino Sarmiento (Figuier, 1854), edición que se publicó cinco años antes de que Charles Darwin publicara "*El Origen de las especies*". El educador argentino radicado en Chile Domingo Faustino Sarmiento abrazó con pasión la tarea de divulgar la teoría de la evolución propugnada por Charles Darwin y terció a favor de su compatriota el paleontólogo Florentino Ameghino, darvinista, en sus disputas con Germán Burmeister, antievolucionista. El 30 de Mayo de 1881, con motivo del fallecimiento de Charles Darwin, Sarmiento dictó una conferencia en el Teatro Nacional, organizada por el Círculo Médico de Argentina.

El 8 de enero de 1866, a siete años de la publicación de "*El Origen de las especies*", Ignacio Domeyko Ancuta (1802-1889) pronunció su Discurso de Incorporación a la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile. Versó sobre la relación entre Ciencias, Literatura y Bellas Artes, que según Domeyko se aúnan en su movimiento hacia la verdad, lo bello y lo sublime. Cuando la ciencia, la literatura y las bellas artes se elevan a la perfección tocan una misma idea, "*el conocimiento del creador, apoyado en la fe y en la revelación divina*".

Profundamente religioso, Ignacio Domeyko era profesor de Ciencias en el Seminario de Santiago, del Arzobispado. Aunque creacionista, no escribió contra las nuevas ideas, simplemente no las consideró, a pesar de haber escrito unos 30 estudios sobre geología y paleontología. Mientras Charles Darwin menciona los estudios de Domeyko en el Capítulo VIII de *Geological Observations On South America* y en su correspondencia, en sus *Elementos de Mineralogía* Domeyko no menciona ni una sola vez a Charles Darwin, ni siquiera en la segunda edición, de 1860, cuando ya era famoso (Villalobos, 1970, pág. 42). Alejandro Fuenzalida Grandón resalta que la Universidad de Chile no nombró a Charles Darwin miembro honorario y en 90 años de existencia no le realizó ningún homenaje, de lo cual responsabiliza a Domeyko: “*Verdaderamente, no acierto a comprender cómo nuestro insigne Domeyko, que gobernó nuestro principal centro cultural durante largos años, después que Bello abandonó por la muerte el cetro intelectual, llegó a imaginarme que nuestro dignísimo sabio, que era profundamente religioso, tuviera escrúpulos de conciencia, muy respetables, sin duda, pero que desdican del amplio concepto de tolerancia a que un hombre de su fuste debe ajustar sus actos*” (1933, pág. 103).

En sus recuerdos de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile, el Dr. Augusto Orrego Luco (1848-1933) escribe: “*No podíamos comprender que las ciencias naturales y las creencias religiosas se pudiesen conciliar, y no aceptábamos la posibilidad de ese monstruoso maridaje sino suponiendo la falsedad de una de las dos, o la ciencia era falsa o lo era la religión. Nuestro pequeño criterio se encerraba dentro del marco de fierro de esa alternativa. Y Don Ignacio, no sólo era un creyente, sino también un creyente fervoroso, era lo que llamábamos un beato, lo que para nosotros era sinónimo de hipócrita. Esa sombra de las creencias religiosas pesaba sobre el prestigio de Domeyko, obscureciendo su carácter tristemente*” (1953, pág. 24).

Quienes primero acogen al evolucionismo darwiniano en Chile son dos médicos que publican sendos artículos en la “*Revista Médica de Chile*”. En 1872, el médico Adolfo Valderrama (1834-1902), Secretario de la Universidad de Chile y Ministro de Justicia, escribió valorando la antropología evolutiva y la evolución natural e histórica del hombre, refiriéndose a las hipótesis de Lubbock sobre el origen de la familia (Valderrama, 1872). En 1874, Pedro Candia Salgado, cirujano militar, escribe acerca de la generación espontánea y acoge las ideas de Darwin: “*La forma de los animales se transforma lentamente según el medio en que viven. Los cambios que ha habido han sido lentos y han transformado a los animales. El hombre descende de seres inferiores. Cada generación ha legado algo a la que le ha sucedido y los perfeccionamientos repetidos durante siglos han dado como resultado las formas de los seres superiores que contemplamos hoy*” (Candia, 1874).

## 12.2. Los conflictos en torno al Evolucionismo

Los días 23 de abril, 7 de mayo y 11 de mayo de 1874, el presbítero Luis Vergara Donoso (1842-1916), profesor de griego en el Seminario Pontificio de Santiago, dictó una conferencia en la Iglesia Metropolitana de Santiago sobre “*La Biblia y la Arqueología*”, señalando que la teoría darwiniana es incompatible con el dogma cristiano y que carece de bases científicas (Vergara, 1874).

A fines del siglo XIX y comienzos del XX, existían en Chile dos escuelas filosóficas principales, la hegeliana y la positivista (Segall, 1970). En la escuela hegeliana participaban, entre otros, el literato Jenaro Abásolo Navarrete (1825-1884) y el médico Dr. José Juan Bruner (1825-1899), homeópata, psiquiatra, filósofo e histólogo, nacido en Varsovia, que adoptó residencia en Chile y se incorporó a la Facultad de Medicina de la universidad de Chile en 1857. Jenaro Abásolo publicó en 1877 en Bélgica “*La Personalité*”, libro en el que valora los aportes evolucionistas de Darwin (Abásolo, 1877).

En tanto, José Juan Bruner planteó una “teoría substancialista” y criticó al darwinismo por dejar de lado al espíritu, en su obra “*La sustancia inmortal del organismo humano*” (Bruner, 1879). Bruner escribe: “*Si los partidarios del darwinismo han demostrado un admirable coraje en sacar de ciertas premisas la abnegación más que humilde de reducirse a descendientes de los monos, ¿por qué ha de faltar a la Teoría substancialista, que yo profeso, la legítima dignidad de deducir de las mismas premisas aún, pero interpretadas de otra manera – sin abandonar el campo de un Naturalismo superior, ni arrojarnos en los brazos de la estrecha Teología, - que el hombre como totalidad físico-mental es la realización de una fase nueva del proceso evolutivo, que es el último pensamiento en la escala de las Creaciones planetarias, el síntesis que, distinto y superior a todas, las envuelve todas?*” (págs. 193-194).

La escuela positivista estaba liderada por Valentín Letelier Madariaga (1852-1919), Juan Serapio Lois Cañas (1844-1913), José Victorino Lastarria (1817-1888), y Juan Enrique Lagarrigue (1852-1927). Se habían organizado a partir del año 1873, cuando un grupo de intelectuales encabezados por José Victorino Lastarria fundó la Academia de Bellas Letras, a la que acudían connotadas personalidades, tales como Benjamín Vicuña Mackenna (1831-1886), Diego Barros Arana (1830-1907), José Manuel Balmaceda Fernández (1838-1891) y Miguel Luis Amunátegui (1828-1888).

Valentín Letelier Madariaga estudió en el Liceo de Talca (fundado por el abate Juan Ignacio Molina, en cuyo honor hoy se denomina “*Liceo Abate Molina*”) y en el Instituto Nacional, graduándose en Derecho en la Universidad de Chile en 1875. Fue profesor de Literatura, Filosofía e Historia en el Liceo de Copiapó, ciudad donde dictó conferencias públicas en la Sociedad de Artesanos, que luego publicó bajo el nombre de “*El hombre antes de la Historia*” mediante un folleto en el que defiende la antigüedad geológica del ser humano y alude a la obra de Charles Darwin (Letelier, 1877). En la introducción del tema, Valentín Letelier dice: “*Hasta ahora nosotros hemos vivido acostumbrados a oír lanzar desde los púlpitos, inaccesibles al vulgo, imprecaciones tremendas contra los adelantos científicos modernos por hombres que no sólo ignoran hasta los rudimentos de la ciencia positiva, sino también, como dice Büchner, están maniatados por artículos de fe para usar libremente de la inteligencia y aprender a distinguir la verdad del error*” (Letelier, 1877, pág. 4).

Cuando Valentín Letelier publicó el primer tomo de su obra “*La Evolución de la Historia*”, se produjo inmediatamente una reacción en su contra por parte de los sectores más conservadores y representantes de la Iglesia. Por ejemplo, Carlos Risopatrón (1901, pág. 25) opinó: “*En el libro titulado Evolución de la Historia por don Valentín Letelier se anula todo lo que manda creer la Iglesia Católica, se renuevan todos los errores y ataques a sus dogmas y enseñanzas, y en una palabra se ataca directamente la Religión Católica, Apostólica Romana, que feliz y constitucionalmente es la del Estado. Es por tanto uno de los más perjudiciales para la enseñanza de la juventud y de las más peligrosas para las personas adultas que lo tomen en sus manos*”. El presbítero Carlos Silva Cotapos escribió: “*La cuestión del origen del hombre y la prehistoria proporcionan al señor Letelier una nueva ocasión de atacar a la Biblia, su eterna pesadilla...*” (Silva Cotapos, 1901, pág. 67). Luego agrega: “*...trata estos asuntos con tanto descuido que ni siquiera se toma el trabajo de distinguir la creación del hombre de las demás creaciones que nos atestigua Moisés, y deja a los lectores persuadidos de que cuando habla del punto de partida de la Era de la Creación, no ha caído en la cuenta de que ésa no comienza el primer día mosaico, sino desde la creación de Adán. Estas lagunas de nuestro autor bastan por sí solas para desvirtuar los argumentos tan laboriosamente fabricados con el fin de lanzar una saeta más a los Libros Santos*”.

Valentín Letelier solicitó que por su obra “*La Evolución de la Historia*”, se le concediera una gratificación anual, de acuerdo con el artículo 45 de una ley de 9 de enero de 1879, que daba ese derecho a “*los profesores de los establecimientos públicos de instrucción secundaria o regular que redactaren o tradujeren alguna obra de importancia*”.

La Universidad de Chile le encargó realizar un informe al profesor Baldomero Pizarro, quien concluyó que el libro carece de importancia y sugirió negarle la gratificación, entre otras razones por párrafos en los que se alude a la creación. Expresa: *“Pues bien, en la página 53, a propósito de tradiciones falsas, deja el autor entender que no hai testigos que declaren haber presenciado el acto de la Creación i en esta virtud dice que las tradiciones sobre la Creación “son tradiciones falsas, que al pasar de boca en boca van cantando su falsedad”. En la página 87 parece que quisiera indicar que es propio de salvajes el considerar como posible la creación de seres o cosas, bien que las palabras no son perfectamente claras”* (Pizarro, 1901, pág. 71).

Con fecha 9 de diciembre de 1900, Valentín Letelier envió una carta a Don Domingo Amunátegui, Decano de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Bellas Artes, en la que defiende su posición: *“...si el señor Pizarro se hubiese concretado a examinar la obra desde el punto de vista científico i literario, habría yo guardado absoluto silencio, pero lo que es que el honorable informante se ha creído autorizado para examinarlo también desde el punto de vista teológico, i yo no puedo dejar de protestar ante esta parte del informe, tanto porque la Facultad de Humanidades, a diferencia de la Facultad de Teología, carece de competencia para estudiar el libro bajo este respecto cuanto porque las doctrinas del señor Pizarro nos despojan a los que no somos católicos de un derecho que la lei de 1879 reconoce por igual a todos los chilenos”* (en Pizarro, 1901, pág. 85). Al día siguiente, Domingo Amunátegui envió una carta al Rector de la Universidad de Chile, en la que le informa que *“En sesión celebrada ayer con asistencia de los señores Barros Borgoño, Haussen, Lenz, Matte, Medina, Pizarro, Schneider i del infrascrito, después de haber dado cuenta del Informe del Sr. Pizarro i de un memorial en respuesta a este, presentado por Don Valentín Letelier, autor de La Evolución de la Historia, cuyo primer tomo había sido enviado a la Facultad para que se determinase si reúne las condiciones establecidas en el artículo 45 de la lei de 9 de enero de 1879 que le hiciera acreedor de una gratificación anual, la Facultad de Filosofía y Humanidades acordó la afirmativa por siete votos contra uno”* (en Pizarro, 1901, pág. 90). Finalmente, luego que el Rector retirara una indicación para que se consultara la opinión de la Facultad de Teología, el Consejo de Instrucción Pública, en su Sesión del 8 de abril de 1901, adhirió al acuerdo de la Facultad de Humanidades por siete votos contra tres.

El médico y profesor positivista Juan Serapio Lois Cañas (1844-1913), vivía en la ciudad de Copiapó. En 1878 dictó en aquella localidad las conferencias *“Fases históricas de la noción de la vida”* e *“Historia de las teorías biológicas”*, que fueron publicadas por el periódico *“El Atacama”* a partir del 4 de septiembre de 1878.



El 5 de abril de 1882, Juan Serapio Lois Cañas fundó en Copiapó el grupo positivista “*Sociedad Escuela Augusto Comte*”. Juan Serapio Lois Cañas fue amigo y compañero de trabajo de Valentín Letelier, cuando ambos ejercían como profesores en el Liceo de Copiapó. La sociedad Escuela Augusto Comte publicó en los años 1887 y 1889, dos volúmenes de “*Elementos de Filosofía Positiva*”, escritos por Juan Serapio Lois. En el segundo tomo de esta obra trata ampliamente la evolución biológica, entre las páginas 114 a 132. Escribe: “*En el estudio de la evolución biológica hemos podido observar cómo la teología i metafísica acometían desde mui temprano el estudio del hombre i de la vida en jeneral, buscando los causas íntimas de los fenómenos sin haber conocido primeramente los fenómenos más elementales i sencillos del mundo inorgánico; acometían así la misma empresa que el que quisiese en matemáticas emprender el estudio de las secciones cónicas sin conocer previamente las propiedades de las líneas*” (Lois, 1889, pág. 111).

Juan Serapio Lois publicó en 1897 su libro “*El cristianismo considerado científica, moral y políticamente*”, en el que hace fuertes críticas a las religiones cristianas. En él afirma: “*A medida que la ciencia ha podido esplicarse la formación de los vejetales i animales, incluso el hombre mismo, a medida que ha podido esplicarse la formación de los astros, todo por causas naturales, la creencia en Dios ha ido disipándose en muchas personas de cierta ilustración*” (Lois, 1897, pág 6). Alejandro Fuenzalida Grandón, que fue alumno de Juan Serapio Lois siendo liceano en Copiapó, cuenta que Lois enseñaba la teoría de la evolución, y que hablaba de Littré y Haeckel (Fuenzalida, 1933, pág. 96). Puesto que Fuenzalida Grandón nació en 1865, podemos conjeturar que lo hacía antes de que estas materias se incorporaran a los programas de estudio de enseñanza media.

Un grupo de personas acusó al profesor Juan Serapio Lois en “*El Progreso de Copiapó*”, el 16 de enero de 1903. El diario “*La Tarde*” comentaba: “*Ha llegado a la Universidad un voluminoso expediente en el que calumnia groseramente al distinguido Doctor Lois, acusándolo por sus creencias científicas que desarrolla en el Liceo de Hombres de Copiapó. Los acusadores son todos padres de familia, pero afiliados en cuerpo y alma al partido conservador, clerical*” (reproducido en Lois y Vergara, 1956, pág. 216). La acusación no prosperó. En su Informe sobre el caso, el Rector de la Universidad de Chile, Valentín Letelier Madariaga, manifestó: “*Pero destituir al Señor Lois por esta causa sería infligirle un castigo, no en razón de su mala conducta o de su mala enseñanza, sino en razón de sus creencias, sería establecer que los no católicos no pueden ejercer en Chile las funciones docentes, sería infligir los principios constitucionales de la igualdad ante la ley y de la admisión de todos los individuos a todos los cargos públicos*” (reproducido en Lois y Vergara, 1956, pág. 223).

El ensayista y novelista José Victorino Lastarria nació en Rancagua. Hizo clases de Literatura en el Instituto Nacional de Santiago (lugar donde Juan Serapio Lois fue profesor posteriormente, en 1869). Fue elegido diputado en 1843 y 1849, y luego de ser acusado de participar en un motín del 20 de abril de 1851, se retiró a Copiapó.

Otro de los principales filósofos positivistas, Juan Enrique Lagarrigue, escribió en 1878 la obra *“Bocetos filosóficos y literarios”*, en la que también trata sobre el evolucionismo, y en 1905 publicó en francés una *“Carta a M. P. Kropotkine”*. El príncipe anarquista ruso Piotr A. Kropotkine (1842-1921) había publicado en 1902 su libro *“Mutual Aid: A Factor of Evolution”* (*“El Apoyo Mutuo: Un factor de Evolución”*), en el que planteó que la evolución impone la selección principalmente para la cooperación, más que para la competencia (Kropotkine, 1915; Milner, 1995, págs. 384-385; Kinna, 1995; Girón, en Puig-Samper, Galera y Ruiz, 2003, págs. 231-248 ).

El historiador Diego Barros Arana (1830-1907) tocó en varias de sus obras el tema evolutivo, pero con mucha cautela se limitó a exponer las interpretaciones evolucionistas, sin pronunciarse en general ni a favor ni en contra de ellas (Márquez, 1982). En sus *“Elementos de Geografía Física”* (1871) se refirió a la sucesión de los fósiles y a la antigüedad del ser humano, sin tomar una posición muy decidida. Sin embargo, refiriéndose a la expedición de Fitz Roy a territorio chileno, comenta: *“Uno de sus compañeros, Carlos Darwin, que ha adquirido más tarde un gran renombre científico, fijaba con una asombrosa solidez de pensamiento, los principios fundamentales de la geología de Chile”*. En otro de sus libros, *“Historia General de Chile”*, se refirió a Charles Darwin en una breve nota, en los siguientes términos: *“Es uno de los más altos genios de nuestro siglo, que durante su residencia en Chile iba a fijar las bases fundamentales de la geología de nuestro país, y a ensanchar sus conocimientos con hechos y con observaciones que 25 años más tarde lo llevaron a anunciar la teoría científica que ha modificado todas las concepciones biológicas, y abierto un camino luminoso al estudio de la naturaleza”* (Barros Arana, 1893, Tomo XV, pág. 329) .

En *“Historia General de Chile”*, Diego Barros Arana planteó la gran antigüedad de la Tierra, por lo cual recibió fuertes ataques por parte del literato conservador Pedro Nolasco Cruz (1857-1939), quien a través del periódico *“El Porvenir”* escribió: *“La prudencia más cordura y el sentido común le aconsejaban abstenerse de tratar una materia que, sin tener relación con los acontecimientos de la historia de Chile y estando íntimamente ligada con el dogma católico, habría de aparecer, en la forma que él la presenta, como una provocación a las creencias de la gran mayoría de los chilenos”*.

El agrónomo Luis Arrieta Cañas salió en defensa del historiador en un artículo publicado en mayo de 1893 en *“La Libertad Electoral”*, recopilado en 1926 en un libro junto con otros de sus escritos. Luis Arrieta escribe: *“El señor Cruz es más bien un literato que un crítico. Como crítico es demasiado apasionado; su ilustración científica es defectuosa y deficiente; su sistema es el de Fray Simón: cariñitos para los que oyen misa, tajos y rebenques para los que no creen en los milagros”* (Arrieta, 1926, pág. 209), *“Le duele mucho al Señor Cruz que se diga que los geólogos han adquirido la certidumbre de que la cronología bíblica es errónea”* (Arrieta, 1926, pág. 211).

En sus últimos textos, la posición favorable de Diego Barros Arana respecto al evolucionismo es más clara: *“Por lo demás, la “evolución” sobre la cual se espesaba entonces Philippi con tanta reserva, hoy se impone irresistiblemente como la teoría más luminosa en el dominio de las Ciencias Naturales”* (Barros Arana, 1904, página 149). Diego Barros Arana se refirió al grado de cultura de los indígenas del extremo sur de Chile apoyándose en las descripciones de Charles Darwin de 1835. A comienzos del siglo XX surgió en Chile una posición ideológica antagónica que utilizó los conceptos de la teoría *“histórico-cultural”*, fuertemente antievolucionista, encabezada por el sacerdote y etnólogo austriaco Martín Gusinde (1886-1969), llagado a Chile en 1912, que realizó expediciones a Tierra del Fuego entre 1918 y 1924 (Orellana, 1996). Martín Gusinde (1951, pág. 41) reprodujo las descripciones de los yárganes entregadas por Darwin. Fue profesor del Liceo Alemán de Santiago en la misma época que Theo Drathen (Liceo Alemán, 2001).

En 1879, el ingeniero y escritor chileno Daniel Barros Grez (1834-1904) publicó un curioso opúsculo que tituló *“Escepciones de la Naturaleza”*. A veinte años de la publicación del *“Origen de las Especies”*, en esta obra no se hace referencia alguna a Charles Darwin ni al darvinismo, pero se trata de una apasionada defensa del Creacionismo fijista. Escribe Barros Grez: *“Para que la naturaleza sea digna de ser estudiada por nuestra intelijencia i amada por nuestro corazón, debemos mirarla como la obra de un Ser infinitamente sabio i bondadoso”* (Barros Grez, 1879, pág. 9), *“Pero como algunas de estas leyes parecen sufrir escepciones, más o menos notables, hai espíritus que de buena o mala fe, han pretendido deducir de aquí razones contra la existencia o contra la sabiduría de Dios. Sin embargo, esas pretendidas escepciones no lo son en manera alguna, pues no pasan de ser variaciones en las leyes secundarias de la creación, todas las cuales están acordes con la lei jeneral que pone de manifiesto el designio divino. Tal designio no es otro que el bien de la humanidad, i esta condición de la naturaleza no se ve jamás contradicha por las esepciones de detalle. Al contrario, estas escepciones, léjos de probar la menor contradiccion, manifiestan la sabiduría i la bondad de Dios”* (pág. 11).

Daniel Barros Grez manifiesta que los “*animales intermediarios*” son verdaderas “*excepciones de la naturaleza*”, cuya existencia demuestra la intención divina de manifestar a los humanos la unidad de la creación. Escribe: “*El animal intermediario más importante es el mono, excepcional por su forma, tan semejante a la del hombre físico, que hai quienes lo han tomado por projenitores de la humanidad. He dicho el hombre físico, porque el alma del mono está mui lejos de asemejarse al espíritu humano*” (pág. 127). “*He ahí la bestia que se ha querido convertir en abuelo de los hombres, solo por que hai entre ella i el cuerpo humano cierta analogía de formas que hace del mono, no el retrato sino la caricatura del hombre físico. Aun considerando solamente la materia, si la teoría de la transformación del mono en hombre mereciera una seria impugnación, yo preguntaría a los sabios que pretenden ser hijos de este no mui inteligente cuadrúmano ¿cómo es que las manos posteriores se han llegado a convertir en piés humanos? Esto es tan sencillo como la transformación de los piés i aun de todo el cuerpo de un perro o de otro cuadrúpedo cualquiera, en piés i cuerpo de hombre. En virtud de esto, i teoría por teoría, yo daría la preferencia a la que nos hiciera nacer de un lebrel o de un galgo, ya que ha de ser contra toda razón esto de que el hombre descienda de un hombre primitivo*” (págs. 128-129). “*En esta semejanza de formas materiales no veo sino la intención divina de manifestar a los hombres, como queda indicado antes, la unidad de la creación. Porque la obra de un Dios único e indivisible; i nada pone más de manifiesto ese carácter de unidad i grandeza, que las semejanzas, las analogías, las relaciones que vinculan a todos los seres materiales nacidos del fecundo fiat, que dio vida i formas a la nada, llenando los espacios de globos, poblados de seres vivientes*” (pág. 130).

En 1888 se publicó el folleto “*Algo sobre el hombre*”, del agrónomo Luis Arrieta Cañas, en el que también se desarrollan ideas evolucionistas. Según este autor, “*la única teoría que satisface las exigencias de la ciencia y de la razón es la del transformismo, la de la evolución del mundo orgánico*” (Arrieta, 1888, pág. 38). Más adelante explica: “*la vida, manifestación especial del movimiento, fue apareciendo en ella poco a poco, en el grado de implicación que las condiciones naturales lo permitían. Desde las cristalizaciones inorgánicas hasta el protoplasma primitivo, hasta las móneras gelatinosas, la materia, solicitada por las fuerzas químicas y por las acciones químicas que han dado origen a seres vegetales y animales simples y unicelulares. La vida orgánica fue poco a poco desarrollándose desde lo simple a lo compuesto, a los seres unicelulares sucedieron los pluricelulares. Nuevas combinaciones facilitan la formación de organismos más complicados, nuevas condiciones y un trabajo y funcionamiento de millares de siglos fueron perfeccionando esos mismos organismos*” (Arrieta, 1888, págs. 143, 144).

El mismo año aparecía el libro *“El darwinismo. ¿Cuál es la posición del hombre en el Universo?”*, del lingüista Alberto Liptay (Liptay, 1888). Su posición se manifiesta en frases como: *“Me refiero al imperio orgánico en general y al reino animal en particular y en este campo de la indagación humana en donde brillan en todo su esplendor las luces de naturalistas como Huxley, Haeckel y otros, y por sobre todos ellos la antorcha de Darwin, este pontífice en la jurisdicción de la verdad”* (pág. 48). En el Prólogo, manifiesta claramente su intención: *“Mi propósito franco es romper alguna lanza en el torneo intelectual de las discusiones sociales en honor de la libertad del pensamiento y a favor de una verdad científicamente nueva en Chile, y por consiguiente aún no divulgada entre las grandes masas”* (págs. 2-3). *“Mi interés como darwinista, mi vanidad como autor, están estrechamente ligados con la buena acogida de este opúsculo, no entre los pocos que ya por sus estudios anteriores son de mi parecer, sino entre aquella gran mayoría que cree de mala fe a los liberales, unos malvados a los libre-pensadores, y peor que peor, unos monomaniáticos a los darwinistas. Pues bien, sacrificaré mi interés a mis convicciones y mi vanidad a la verdad tal como yo la entiendo y expongo en este trabajo – aunque lo comprometa a los ojos de los fariseos – y dispondré mis fuerzas en falange para abrir brecha en la nulidad y aún falsedad del testimonio contrario”* (págs. 11-12).

Más adelante, Alberto Liptay critica a los antievolucionistas: *“El darwinismo que en estas páginas pretendo presentar a la parte inteligente del pueblo chileno que no lo conoce todavía más que de nombre, no goza de buena fama, gracias por un lado a los espíritus frívolos que encuentran tarea más fácil en ridiculizar que examinar lo desconocido, y por otro lado a la persecución de los fanáticos que no retroceden ni siquiera ante el empleo de la calumnia para lograr sus fines piadosos”*. *“Protesto enfáticamente contra este fanatismo que falla antes de oír y condena sin juzgar, más, protestando contra el fanatismo religioso, no pierdo de vista el hecho que además del religioso existe también un fanatismo liberal, siendo el segundo tan vituperable como, aunque más excusable que el primero, por no ser al fin el fanatismo liberal más que la reacción del fanatismo religioso y bajo el punto de vista de la equidad nada más que una justa retribución conforme a la ley bíblica “ojo por ojo y diente por diente”* “ (págs. 12 -13).

Según el profesor Alejandro Fuenzalida Grandón (1865-1942), aproximadamente en 1889 se leyeron conferencias sobre evolucionismo en el Club del Progreso, y el profesor de literatura Eduardo de la Barra (1839-1900) compuso una poesía titulada *“Darwin y el mono”* (Fuenzalida, 1933, pág. 96).

En su discurso de incorporación a la Facultad de Filosofía, Humanidades y Bellas Artes, en 1892, el político e historiador Luis Barros Borgoño (1858-1943) se refirió a “*La Enseñanza de la Historia*”, aludiendo a “*todos los sabios modernos que han seguido las huellas luminosas trazadas por Lyell y Darwin*”. El mismo año, el naturalista inglés Edwin C. Reed (1841-1910), llegado a Chile en 1869 (Mostny, 1980, pág. 321), publicó un compendio en el que cataloga las especies de vegetales y animales chilenas conocidas en la época (Reed, 1892). Si bien por la naturaleza del trabajo no se refiere a la evolución de las especies, llama la atención que incluye entre éstas al ser humano, señalando que “*las cuatro razas de la especie humana se encuentran representadas en Chile*” (pág. 1), y refiriéndose a los pajarillos conocidos como turcos, reproduce las opiniones de Charles Darwin, a quién califica de “*el célebre Darwin*” (pág. 26).

El 2 de agosto de 1892, el eminente geólogo profesor Alphonse F. Nogués (?- 1895) expuso en francés en el salón de la Bolsa Comercial de Santiago acerca de “*Descendencia del hombre y darwinismo*”, charla que se publicó en castellano al año siguiente (Nogués, 1893). En esa ocasión, el profesor Nogués expresó: “*Señoras y señores: Las cuestiones relativas al origen del hombre y de los seres organizados, son problemas de Historia Natural, de Biología, para los cuales la teología es incompetente, ellos deben ser estudiados y discutidos por el método científico, sin ninguna ingerencia de lo sobrenatural, ellos deben ser resueltos merced a la observación y a la experimentación, por la sola luz de la razón*” (pág. 3). “*La metafísica no tiene nada que ver en este dominio; las cuestiones de Historia Natural pertenecen a los naturalistas; la intromisión o la ingerencia de cualquiera religión, por positiva que ella sea, no puede servir más que para colocar a la fe y a la razón en un conflicto inevitable. Las cuestiones de Biología no se resuelven por medio de argumentos teológicos ni filosóficos; el milagro se escapa al dominio de la razón; no puede intervenir para explicar fenómenos que pertenecen a la observación, a la embriología, a la antropología, a la anatomía comparada, a la paleontología. Tratemos, pues, las cuestiones científicas como sabios, y no permitamos que los teólogos se entromezclan en nuestro dominio*” (pág. 4). Luego insiste en la misma idea: “*Señoras y señores: Para obrar como naturalistas que buscan la verdad, debemos rechazar en absoluto el milagro de la creación; la fe, según Goethe, no es el principio sino el fin de todo saber; es decir, que la fe es incompatible con la Ciencia y con la idea fecunda de que la vida se ha desarrollado, desde el origen hasta nuestros días, por una evolución lenta y continua; de manera que los animales que viven actualmente descenderían por medio de una serie no interrumpida de generaciones, de las especies extinguidas del mundo prehistórico*” (pág. 4).

En 1901, el agrónomo Simón B. Rodríguez R. publicó una memoria sobre la carpopagia como alimentación natural humana de acuerdo con sus ancestros evolutivos (Rodríguez, 1901). En 1904 Alfonso Gumucio publicó el libro *“El transformismo darwiniano”*, antievolucionista. Las razones para oponerse al evolucionismo, las explica Gumucio en el prólogo (pág. iii): *“Claro está, si la materia se hubiese dado a sí misma el ser y las propiedades que posee, si la hipótesis de la generación espontánea no fuese absurda, o si se pudiese admitir que la vida emanó del seno de la materia inorgánica, la existencia de Dios sería una mentira y, asimismo, si el hombre debiese su origen a la transformación de una especie zoológica inferior y fuese descendiente o primo hermano del mono, no se necesitaría idea alguna metafísica para dar razón de los fenómenos intelectuales, y habría que mirar como una quimera la creencia en una prolongación de la vida más allá de la tumba...”*. Gumucio agrega: *“Pero, ¿tienen verdadero fundamento científico la concepción materialista del universo y la teoría darwiniana?. Demostrar que no lo tienen es el objeto del presente trabajo, y espero poder producir en quien me lea el convencimiento de que la Ciencia nunca romperá los sellos de la naturaleza, ni suprimirá la necesidad de creer en lo misterioso.”*

Rafael Fernández Concha (1833-1912) planteó la compatibilidad entre el darwinismo y la Biblia. En su libro *“Del hombre en el orden psicológico, en el religioso y en el social”*, publicado inicialmente en 1900, y una segunda edición en 1910, expresa: *“Otros opinan que el Génesis no se opone a toda transformación o evolución de las especies, fundándose, primero, en que la verdadera traducción del vocablo hebreo leminoh no es el que hace la Vulgata, según su especie, sino esta: con su semejante, y segundo, en que no consta que Moisés diera a las palabras de que se vale, el sentido técnico, de género y especies zoológicas”* (Fernández Concha, 1910, 1:528-529).

Entre 1904 y 1909, el naturalista Carlos Emilio Porter Mossó (1867-1942) publicó en su *Revista Chilena de Historia Natural* notas acerca de Darwin y de Lamarck (Porter, 1904; Porter, 1908, Porter, 1909). El 12 de julio de 1908, José E. Pinochet Le Brun (1872-1952) dictó una conferencia en la Universidad de Chile organizada por la Asociación de Educación Nacional, acerca de *“La Evolución Orgánica”*, reproducida en un folleto de 22 páginas. Pinochet Le Brun expresó: *“El estudio de los restos orgánicos que se encuentran en los terrenos sedimentarios nos lleva al convencimiento de que la vida se ha desarrollado sobre la Tierra en la forma que hemos esbozado; es decir, de los más simples organismos aparecidos sobre la Tierra, cuando hubo en ella condiciones favorables al desarrollo de la vida, a principios de la Edad Primaria, a los organismos superiores i al hombre, pasando de una a otra forma, no por saltos bruscos, sino lentamente, sino lentamente, paso a paso, i con el transcurso de un número incalculable de siglos”*.

Pinochet Le Brun continúa: *“Este es el hecho. Pero los hombres de Ciencia no se han conformado con la simple observación de estos fenómenos, sino que han tratado de explicar como ha podido verificarse este proceso en los organismos: como, de los primeros animales, tan sencillos, han derivado otros más complicados, i de éstos, otros más perfectos, hasta llegar a los mamíferos superiores y al hombre. Ha habido una serie de naturalistas que se han preocupado de este asunto i han contribuido con sus estudios, sus descubrimientos y sus teorías, a resolver este problema. Pero entre todos estos hombres de Ciencia el que descuella, el que ha formulado una teoría más completa, más razonable i mejor fundada en la realidad de los hechos, el que ha resuelto el problema – en una palabra – es el célebre naturalista inglés Carlos Darwin”* (Pinochet Le Brun, 1908, págs. 8-9). Refiriéndose al hombre, agrega: *“I el rey de la creación, el hombre, tiene el mismo remoto i humilde abolengo. De la célula primitiva llegó, a través de las edades, a ser mamífero superior, i la lucha por la vida lo ha hecho progresar hasta la categoría de hombre-mono o pitecantropo, del cual se han encontrado valiosos e interesantes restos en la isla de Java”* (Pinochet Le Brun, 1908, págs. 20-21).

En 1923 se produjo una polémica pública sobre la teoría de la evolución, que causó gran expectación, entre el presbítero Julio Restat Cortés, que había fundado la Asociación Nacional de Estudiantes Católicos (ANEC) en 1915 como respuesta de la federación de Estudiantes de Chile, y el Dr. Hugo Lea-Plaza J. (1891-1963), quien fue luego Presidente de la Sociedad Médica de Santiago (1927-1929). Como consecuencia de esta polémica, el presbítero Julio Restat Cortés publicó el libro *“La existencia de Dios ante la filosofía y las Ciencias”* (Restat, 1924), en el que trata ampliamente el tema evolutivo, rebatiendo todos los postulados evolucionistas, entre las páginas 346 y 453.

En 1924, Julio Restat Cortés fue recibido miembro de la Academia de Filosofía de la Universidad Católica de Chile y en su Discurso de Incorporación habló de la *“Bancarrotta del evolucionismo”*. Este discurso fue publicado posteriormente como un opúsculo por la Librería de la Federación de Obras Católicas (Restat, 1925), y en su presentación escribió: *“La publicación de este folleto, por lo tanto, no persigue otro objeto que facilitar la lucha contra un sistema que en nuestros planteles laicos de enseñanza es considerado, no como una mera teoría, sino como una conquista definitiva de la Ciencia; es estudiado, no con el ánimo de explorar en el campo de las Ciencias biológicas, sino con el fin muy premeditado de demostrar absurda y criminalmente al alumno el parentesco inmediato, la ninguna diferencia esencial entre el bruto y el hombre o de proclamar científicamente nuestra bestialización”*.



Julio Restat Cortés explica: “*Contra ello hemos de luchar enérgicamente, con la misma energía, si es posible, que acaba de usar el gobierno norteamericano, que hace pocos meses ha dictado una ley severísima mediante la cual se prohíbe a los maestros la enseñanza de las teorías evolucionistas en lo que se refiere al origen bestial del hombre. Es cooperar, pues, modestamente a la acción contra nuestra enseñanza laica en lo relativo a ese ramo de la Biología enseñado con torcidas intenciones, es lo que me propongo al editar este modesto opúsculo*” (pág. 8). En la página 61 concluye: “*El fixista puede pues descansar tranquilo: toda la documentación científica le pertenece; sus archivos de especies fijas actuales y paleontológicas están repletos, los hechos se cuentan no por miles, sino por millones, tantos como especies enumera el Catálogo de los vivientes que hoy día animan la naturaleza, o que como representantes de un pasado remoto, yacen en el inmenso sepulcro de las capas geológicas: la fijeza específica se presenta como ley universal, es entonces una conclusión científica, su adversa, la ley de la evolución, una hipótesis descalificada, una teoría en bancarrota*”.

Algunos científicos firmemente religiosos aceptaron un evolucionismo teísta, de tipo teilhardiano. Fue el caso del ensayista Arturo Aldunate Phillips (1902-1985), quien escribió una serie de artículos y libros de divulgación relacionados con el tema. En “*Al encuentro del Hombre*” (1953) comenta que: “*Nuestras abuelas veían con temor el que sus hijos pretendieran dedicar sus capacidades al estudio de las ciencias biológicas, porque con ello se exponían a perder su fe y su religiosidad, y se hacían materialistas. Y no les faltaba razón: la generación de galenos que orlaron sus prestigiosas siluetas con luengas y nazarenas barbas, fue pormada en gran parte por “libre pensadores” o racionalistas*” (pág. 256).

Su aceptación del evolucionismo es clara: “*Durante millones de años de búsqueda, la vida, a través de formas cada vez más perfeccionadas, pudo, después de una tenaz lucha de acomodación, defensa y avance, conseguir que luciera en el cerebro humano la conciencia libertadora, suprema señal de su hegemonía sobre los demás habitantes del planeta*” (pág. 71). Sin embargo, en el mismo texto entrega cálculos matemáticos para demostrar la improbabilidad de la vida, tema sobre el cual volverá en un artículo poco años más tarde (Aldunate, 1959), y plantea tajantemente la imposibilidad del materialismo: “*Una tentativa de subordinación dela evolución biológica a la inorgánica no puede ser seriamente considerada como científica o filosófica*” (Aldunate, 1953, pág. 259).

El evolucionismo teísta de Arturo Aldunate Phillips queda claramente de manifiesto en un libro posterior: *“con la actitud de la Iglesia Católica, primero al abrir las puertas al genio de Teilhard de Chardin, reconociendo con ello que la religión debe evolucionar, y al tenderles de este modo a sus feligreses y a otros individuos de raíz cristiana y mente inquieta un puente para cruzar, sin tropiezos hacia la vera científica. En seguida muchas de las valientes resoluciones del último Concilio, al abrir caminos y derribar añosas barreras, han demostrado también la aceptación evolutiva, pedida por Huxley”* (Aldunate, 1972, pág. 77); *“El comportamiento del mundo físico y aún del mundo espiritual, es evidentemente evolutivo, entendiendo por evolución un progreso en la morfología y en la calidad de los seres; una búsqueda tras un fin, una tendencia teleológica, metafóricamente, ascendente y elaboradora de formas cada vez más complejas y perfectas”* (Aldunate, 1972, pág. 133); *“Quien observe este proceso, visiblemente finalista y teleológico, debe aceptar, que caminamos hacia una meta superior desconocida, pero en la cual presentimos el dominio del espíritu y de la inteligencia. La evolución, como ha afirmado Teilhard, sería simplemente la prolongación del acto creador”* (Aldunate, 1972, pág. 134).

En 1982, Arturo Aldunate Phillips escribió otro libro, *“Luz, sombra de Dios”*, en el que fustiga duramente a los agnósticos y ateos, por lo cual el Editor de la revista de información científica *Creces*, en un comentario de este libro, lo comparó con Julio Restat: *“...y luego mete en un mismo fardo condenatorio a marxistas leninistas, masones y agnósticos. Sus afirmaciones tienen así el mismo énfasis que las empleadas hace 60 años por el sacerdote chileno Julio Restat, autor de “Dios ante la ciencia y la Filosofía”. Allá y acá el mundo sigue dividido (peligrosamente) entre los que creen y los que no, a pesar que entre una y otra obra medie el Concilio Vaticano II que abrió las ventanas de la Iglesia a la tolerancia y a la aceptación de que existen importantes grupos de personas que no comulgan con las posturas eclesiales”* (Prenafeta, 1982, pág. 47).

Los enfrentamientos públicos entre científicos evolucionistas y religiosos continuaron esporádicamente. En 1954, el profesor Roque Castro, Rector del Liceo de San Felipe, ubicado en la ciudad del mismo nombre, V Región, invitó a dar una conferencia científica sobre el origen del hombre al prehistoriador y profesor universitario Sinesio Urrestarazu Falces (1899-1958), español nacionalizado chileno, llegado a Chile en calidad de refugiado luego que el general Francisco Franco asumiera el gobierno de su país de origen. A la conferencia asistió el sacerdote Guillermo Echeverría Moorhouse, en ese momento párroco de la Catedral de San Felipe y profesor del liceo, quién protestó a través del periódico local *El Trabajo*, lo que originó una serie de réplicas y contrarréplicas con el conferencista, recogidas y publicadas en un folleto.

En la introducción de éste, el presentador, identificado solamente por las iniciales A. C. Z., escribe: *“Sin embargo, esta charla de buena voluntad, destinada a promover la inquietud en torno a problemas esenciales de la cultura, fue objeto de un comentario periodístico concebido en las formas tradicionales del fanatismo seudocientífico...”* (Urrestarazu, 1954, pág. 1). El párroco Echeverría escribió: *“La embajada científica del señor Urrestarazu en nuestra ciudad no fue de ninguna manera feliz ni afortunada: no honró a España, su patria de origen, ni prestigió a la Sorbona, su Alma Mater, no fue fiel a Chile, de quien tiene Carta de Nacionalización, no dio en fin, prestancia a nuestro bien amado Liceo, se le abrió la primera de sus aulas, su Teatro, pero olvidó el primordial de los deberes: decir la verdad, toda la verdad y solo la verdad. ¡Quiera Dios que esto no se vuelva a repetir!”* (Urrestarazu, 1954, pág. 14). El profesor aludido replicó: *“He podido imponerme del comentario torpe, malintencionado y agresivo que bajo el epígrafe “Después de una charla sobre el Origen del Hombre” ha sentido necesidad de hacer a mi última conferencia en la Ciudad de San Felipe, don Guillermo Echeverría Moorhouse, Párroco de la Catedral y profesor del Liceo. Es el caso que don Guillermo Echeverría, en ese su comentario, falsea premeditadamente los hechos (cosa impropia de un sacerdote) y ataca peligrosamente a mi persona”* (Urrestarazu, 1954, págs. 14-15). Más adelante agrega: *“Yo no falseo la verdad, la falsea Usted, don Guillermo. Porque si yo falseara la verdad, la falsearían conmigo todas las figuras gigantes de la Ciencia prehistórica actual (admirada y agasajada en los medios científicos más responsables del mundo entero). Esas figuras señeras que son orgullo reconocido de la investigación científica contemporánea, tales como un Weidenreich, un Broom, un Von Koeniswald, etc.”* (Urrestarazu, 1954, pág. 31).

El escritor Benjamín Subercaseaux (1964, pág. 248, nota) cuenta que *“cierto sacerdote que asistió a dos o tres clases universitarias, me increpó en términos burlescos y descomedidos, reprochándome duramente lo que el interpretaba como mi “materialismo”. Me alteró y me consternó de tal manera su ceguera invencible y poco caritativa, que, sin saber cómo, me sorprendí respondiéndole: - Padre, por favor, tolere Usted que Dios haya preferido crear al Hombre y al Universo de una manera diferente a la suya. A lo mejor, el Universo que nos dio el Eterno ha resultado un poco mejor y más lógico de aquel que Usted nos propone”*.

Algunos escritores o intelectuales religiosos que antiguamente manifestaban posiciones antagónicas al evolucionismo, fueron cambiando sus opiniones tras modificaciones operadas en las cúpulas de la Iglesia Católica, hasta transformarse en evolucionistas teístas.

Es el caso del médico chileno Ricardo Cruz-Coke Madrid, que en 1961 publicó el libro *“El hombre y su Planeta”*, en el que hace referencias a la evolución biológica a través de un mensaje antievolucionista, o a menos dudoso acerca de la realidad de la evolución biológica, lo que puede apreciarse en frases tales como las siguientes: *“La teoría de la evolución presenta solamente evidencias indirectas muy discutibles”* (Cruz-Coke, 1961, pág. 57), *“En la actualidad, la inmensa mayoría de los biólogos se inclinan a pensar de que la evolución es un concepto que sirve para explicar en cierto modo la gran variabilidad y adaptabilidad de la existencia de los seres vivos. La teoría de la evolución no se puede aceptar como tal y reconocerla como ley biológica fundamental, pues los hechos evidenciales directos naturales no han podido ser demostrados fehacientemente”* (pág. 58). Actualmente el Dr. Ricardo Cruz-Coke integra un grupo de investigación en genética de la Universidad de Chile, es especialista en genética de poblaciones, base de la evolución de acuerdo con el sinteticismo, y ha escrito varios artículos sobre evolución (por ejemplo, Cruz-Coke, 1968, 1975, 1979) y sobre aspectos históricos del evolucionismo en Chile (Cruz-Coke, 1994). Estos casos no son excepcionales, también ocurrió con los sacerdotes Alejandro Horvat y Carlos Weiss, como analizaremos más adelante, y en España (Molina, 2001, pág. 162), con uno de los principales ideólogos del Opus Dei, el filósofo Mariano Artigas (1938- ).

Por las razones señaladas, en los últimos 30 años, las publicaciones chilenas en el campo filosófico o de divulgación relacionadas con el tema evolutivo han sido en su mayor parte no confrontacionales, y varias de ellas han intentado entregar una visión evolutiva concordante con la religión. La Universidad Católica de Valparaíso publicó *“El Cristianismo en la óptica de Evolución”* (Aninat, 1973), libro con un enfoque evolucionista teilhardiano. El Dr. en filosofía Hermes H. Benítez abordó el mismo tema en *“Ensayos sobre Ciencia y religión: de Giordano Bruno a Charles Darwin”* (Benítez, 1992) y el sacerdote Carlos Hallet Collard, S.J. en *“Del Big-bang a Adán y Eva”* (Hallet, 1996).

Sin embargo, también en estos últimos años se han producido en Chile algunas obras confrontacionales sobre el tema, algunas antirreligiosas y otras antievolucionistas. En 1979, el Dr. Jorge Abásolo Soto (1907-?), miembro de la Sociedad Científica de Chile y de la Unión de Librepensadores de París, escribió un pequeño folleto, titulado *“Catecismo Científico”*, en cuya introducción manifiesta: *“Explicaremos científicamente lo referente a la no existencia de Dios y su ninguna intervención en la creación del mundo, del cielo (el cual no existe, pues solo existe el espacio) y de la Tierra, de la creación de la vida, o de la creación de plantas y animales y del hombre mismo”* (Abásolo, 1979, pág.4).

Tras una exposición del desarrollo del Universo y de la evolución de los seres vivos, Jorge Abásolo finaliza (pág. 16): *“Por otra parte, estimamos que las ideas expuestas en este librito, como también las de la obra citada – se refiere a “La Biblia Científica”, que indica como pronta a aparecer – deberían darse a conocer a los señores profesores de las escuelas públicas y liceos de la enseñanza pública en todo el mundo, a fin de que puedan proporcionar esta instrucción, de carácter científico y racionalista a las generaciones de los hombres del futuro...”*.

El filósofo chileno Juan Rivano Sandoval (1926- ), radicado en Suecia, publicó *“Religión y Darwinismo: la bancarrota de la teología”* (Rivano, 1990), libro en el que trata del “argumento telógico de la existencia de Dios” contraponiéndolo a las ideas de Richard Dawkins, las que acepta sin reservas. Hacia el final de su texto, Rivano (pág. 135) concluye: *“Dawkins – ya vimos que se le parangona con Galileo en esto – ha puesto al día, en limpio, lindo de ver y al alcance de todos, el argumento darwiniano. Pudo titular también su libro, contradiciendo el título de la Tercera Meditación de Descartes, así: “De Dios, que no existe”. Porque en esto viene a desembocar su Blind Watchmaker: Dios, en cualquiera de sus figuras, manifestaciones o concepciones positivas a través de la historia de las religiones no es más que una noción sin realidad”*.

Juan Rivano expone tajantemente: *“El argumento darwiniano en su forma actual es la destrucción completa de toda teología a la vista, de todo argumento sobre la existencia de Dios. Ante el estado de cosas puesto en evidencia por el neodarwinismo estamos de verdad en condiciones de apreciar nuestro ateísmo; y también en condiciones de exhibir cuán absurdos (o si se prefiere, portentosos y misteriosos) son nuestros credos si, acaso, porfiamos en ellos. No se trata, eso sí, de un absurdo hecho con una mezcla de nuestro asombro y nuestra ignorancia. Tal no hay del segundo ingrediente, porque la Ciencia darwiniana muestra sin dejar restos de duda la falsedad de toda teología. Dios, sencillamente, no hay.”*

En el campo opuesto, en 1994 se editó el folleto *“Dios y nuestro origen”*, de Alberto Tello Mourgues. En su introducción (pág. 9) se plantea: *“Como la aparición de la vida en el planeta es algo que aún no se puede demostrar empíricamente, un sector mayoritario de la Ciencia trata desesperadamente de armonizar una teoría de la evolución que resuelva este problema de una vez y para siempre, explicando así cualquier interrogante o imprevisto que se pueda suscitar sobre el particular”*.

Alberto Tello Mourgues afirma: *“Lamentablemente para esta teoría continúan pendientes algunas interrogantes capitales, como la diferenciación sexual, algo que nunca ha sido cuestionado por los evolucionistas, quienes aceptan dicho proceso en forma lineal, desconsiderando el hecho que en la práctica no hay vida si no es con la intervención de dos sexos opuestos y complementarios. La increíble contradicción en que cae esta Teoría al considerar a todos los seres vivos como resultado de una cadena evolutiva con la excepción de los dinosaurios, a quienes da por desaparecidos, en circunstancia que perfectamente podrían ser los únicos animales evolucionados que están conviviendo con nosotros hoy día, quienes habrían reducido su tamaño y forma con el paso de los milenios. El principio del huevo y la gallina: ¿qué fue primero, el huevo o la forma alada?. El famoso eslabón perdido que no aparece en su supuesta cadena evolutiva y que cada vez se aleja más en la antigüedad que revelan los recientes hallazgos de fósiles humanos”.*

Estos comentarios y objeciones a la evolución resultan sorprendentes, por decir lo menos, porque revelan una extrema ignorancia sobre la materia. La existencia de la diferenciación sexual, es justamente un fuerte argumento a favor de la evolución, no al contrario como lo plantea el Sr. Tello. La gran ventaja de la reproducción sexual, frente a la asexual, es la enorme diversidad genética que origina en la formación de los nuevos individuos, combinando genes ventajosos de diferentes estirpes (mediante la recombinación de genes de origen materno y paterno y mediante las permutaciones cromosómicas durante la formación de los gametos, y luego por la mezcla de material genético en la fecundación o la conjugación) lo cual origina mayores combinaciones genéticas sobre las que actúa la selección natural. En otras palabras, si el ser humano creara en el futuro seres artificiales capaces de reproducirse y quisiera que no cambiaran, no los dotaría de mecanismos de tipo sexual, porque éstos los llevaría a evolucionar. Ya en 1837, antes de saberse mucho acerca de la herencia y casi nada acerca de los fenómenos mencionados que aumentan la variabilidad genética en la reproducción sexual, el propio Charles Darwin intuyó que la reproducción sexual es un requisito para la variabilidad, importante para la evolución (Howard, 1987, págs. 77-79).

La afirmación de Alberto Tello Mourgues en el sentido de que los evolucionistas no consideran al sexo, es falaz: en numerosos textos evolucionistas se trata ampliamente la materia (por ejemplo, véase Darlington, 1948, págs. 141-150; Morgan, 1949, pág. 126-131; Dobzhansky, 1966, págs. 258-290; Olson, 1966, págs. 59-75, 214-215, 226-231; Maynard Smith, 1979, págs. ;117-127; López-Fanjul y Toro, 1987, págs. 97-124; Strickberger, 1993, págs. 260-262; Ridley, 1994; Margulis y Sagan, 1995, págs. 101-114; Ridley, 1996, págs. 284-293; Dawkins, 1998, pág. 98-100; Diamond, 1999; Smith y Szathmáry, 2001, págs. 125-147; Mayr, 2002, págs. 101-106).

Respecto a afirmar que los evolucionistas consideran “*a todos los seres vivos como resultado de una cadena evolutiva con la excepción de los dinosaurios*” (¿?!), basta leer un texto básico sobre la materia para darse cuenta que no es así, y respecto a que un antievolucionista afirme sobre los dinosaurios que “*perfectamente podrían ser los únicos animales evolucionados que están conviviendo con nosotros hoy día*” (¿?!), sobran comentarios. Aplicando las ideas de la taxonomía cladista, hoy en boga, se considera que efectivamente existen dinosaurios vivientes, el grupo de dinosaurios emplumados que conocemos como “aves”. Las argumentaciones del huevo o la gallina y de los eslabones perdidos, son lugares comunes antievolucionistas que demuestran su desconocimiento del tema, y por último, que los recientes hallazgos de fósiles humanos indiquen cada vez una mayor antigüedad, es un hecho cierto, pero habitualmente negado por grupos ultracreacionistas, para quienes nuestro mundo existe desde hace unos pocos miles de años!.

### 12.3. El evolucionismo en el ámbito científico chileno

En el ámbito universitario especializado en el campo científico, entre los biólogos, no existió en Chile enfrentamiento alguno. Al inicio del siglo XX comenzaron a incorporarse naturalmente las ideas darvinistas en los cursos de Biología, antropología y sociología de la Universidad de Chile y a publicarse artículos sobre estas materias en las revistas científicas chilenas. En este proceso cumplieron un importante papel varios investigadores extranjeros. Uno de los primeros aspectos divulgados al respecto fue el origen de la vida, mediante un artículo en la Revista Chilena de Historia Natural (Herrera, 1904), escrito por Alfonso Luis Herrera (1868-1942), considerado como el introductor del evolucionismo en la Biología mexicana.

Buscando una forma de asentar la disciplina de la patología en el país, la Universidad de Chile contrató en 1908 al profesor alemán Max Westenhöfer (1871-1957), el último de los grandes discípulos de Rudolph Virchow (1821-1902). El profesor Max Westenhöfer obtuvo su especialidad en patología en la Universidad de Berlín en 1894, tras lo cual ejerció alternativamente en Alemania y en Chile, país al que consideraba “su segunda patria”. En 1928 fue contratado por la Junta de Beneficencia, para organizar la anatomía patológica en hospitales de Santiago y para formar anatómopatólogos chilenos. Realizó la primera tarea hasta el año 1930 y formó el Instituto de Anatomía Patológica en el Hospital del Salvador. Interesado por el problema del origen del hombre, el Dr. Max Westenhöfer combatía la idea del origen simiesco del ser humano y proponía un muy antiguo origen independiente.

En 1939, Max Westenhöfer publicó un artículo al respecto en el Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Westenhöfer, 1939) y en 1951, la Editorial Universitaria publicó su libro “*El Camino propio evolutivo y el origen del hombre*”, que si bien era la traducción de un libro publicado en Alemania en 1941-1942, era una traducción corregida y ampliada, por lo que puede considerarse como el primer libro que significó un aporte original al tema de la evolución biológica relacionado con Chile.

El Dr. Juan Noé Crevani (1877-1947), médico nacido en Italia, fue discípulo de Giovan Battista Grassi (1854-1925), destacándose tempranamente en la investigación científica en el campo de la Biología. Llegó a Chile a fines de 1912 y se incorporó como profesor a la Facultad de Biología y Ciencias Médicas de la Universidad de Chile. Dirigió su Instituto de Biología, desde donde impulsó los estudios zoológicos y dictó clases de Zoología Médica. En el curso de Zoología Médica se incluía la Evolución biológica, junto a otras materias, tales como Citología, Histología, Genética, Embriología, Anatomía Comparada y Parasitología. El Dr. Noé consideraba a la evolución como una hipótesis grandiosa, pero respecto al mecanismo responsable, en esa época no estaba resuelto el papel de las mutaciones, la selección natural o el posible papel de la herencia de los caracteres adquiridos, de manera que hasta 1940 el Dr. Noé sostenía que para definirse a favor de una u otra hipótesis primero debería aclararse el mecanismo de la herencia (Cruz-Coke, 1994).

En aquella época, existía la Sociedad Científica de Chile, fundada por ciudadanos franceses avecindados en el país, con el nombre de *Société Scientifique du Chili*. En su revista, fundada en 1891, se publicaron artículos en relación al origen del hombre (Cañas Pinochet, 1918; Rengifo, 1919). El artículo de Rengifo, a pesar de su título, no se refiere propiamente al origen del ser humano, sino especula acerca del movimiento del ecuador y los polos terrestres, la disposición de los continentes y la migración racial, para explicar fenómenos étnicos, lingüísticos y arquitectónicos.

En 1926 llegó a Chile el profesor Alejandro Lipschutz Freidmann (1883-1980), nacido en Riga. Estudió medicina en Berlín, Zurich y Gottingen y trabajó en el Instituto de Fisiología Comparada en la Universidad de Gottingen, como docente privado en Suiza, en la Universidad de Berna y como profesor de Fisiología de Medicina en Estonia, en la Universidad de Dorpat. En 1926, aceptó trabajar en la Universidad de Concepción (Porter, 1926), como alternativa para mejorarse de una tuberculosis. Su labor en Chile se inició con la organización del instituto de Fisiología, del cual fue Director y Profesor titular.



En 1970 se le otorgó el Premio Nacional de Ciencias al profesor Alejandro Lipschutz (Viejo, 1969), por su labor de investigación en el área de la endocrinología, la medicina experimental, y el indigenismo biológico y cultural en América. Si bien el profesor Lipschutz trabajaba en fisiología, se preocupó por la antropología y publicó varios artículos acerca de Darwin y el darwinismo (Lipschutz, 1959; Lipschutz, 1960; Lipschutz, 1966).

También divulgó el evolucionismo un cuarto extranjero radicado en Chile, el sociólogo alemán Georg Friedrich Nicolai (1874-1964). Antiguo profesor de la Universidad de Berlín, debido a su oposición a la guerra, los pangermanistas lo responsabilizaron de la pérdida de la Primera Guerra Mundial y tras el advenimiento del nazismo debió abandonar Alemania. Fue profesor de Fisiología en la Universidad del Litoral, en Argentina, hasta 1928, año en el que se radicó en Chile, continuando con su carrera como docente en la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y como profesor de Filosofía de las Ciencias Biológicas, en el Instituto Pedagógico de Santiago. En 1936 publicó su libro *“Fundamentos reales de la Sociología”* (Nicolai, 1936), en el que abordó ampliamente el origen evolutivo del ser humano. En él expresa: *“Para juzgar debidamente la posición del hombre dentro de los demás organismos hay que partir de un hecho que está fuera de toda duda, y es que el hombre descende de animales. No es raro ver considerar este hecho como un corolario de la teoría del darwinismo, y como éste es sólo hipotética, se deduce que la descendencia animal del hombre lo ha de ser también. En realidad, el hecho de la descendencia no es ya una teoría, como no lo es la caída de los cuerpos”* (pág. 63). De paso, Nicolai hace una crítica a las posiciones antievolucionistas de origen religioso: *“Los que exigen de la Ciencia una exactitud imposible, no se lo piden de buena fe; pues para sus propias afirmaciones – en este caso la de que el hombre haya sido creado de un puñado de barro, de un modo supranatural – reclaman asentimiento sin poder echar mano de la más mínima prueba controlable, ni exacta ni inexacta”* (pág. 68).

En 1928, la Revista Chilena de Historia Natural publicó un artículo del naturalista argentino Dr. Carlos A. Marelli (1886-1967) sobre el origen de nuevas especies (Marelli, 1928) y en 1929 otro sobre la evolución de la aleta caudal en peces (Lahille, 1929), escrito por el zoólogo francés Fernand Lahille (1861-1940), naturalista filósofo, investigador incorporado al personal científico del Museo de La Plata, en Argentina, donde se dedicó especialmente a la ictiología. El mismo año, entre los cursos de extensión científica dictados por la Universidad de Chile, el Dr. Víctor Körner expuso una síntesis entre la teoría evolutiva de Darwin y la teoría mendeliana de la herencia (Körner, 1929).

El profesor Daniel Martner (1880-1948), quien fue Rector de la Universidad de Chile, se refirió extensamente en 1931 al evolucionismo en su libro *“El espíritu de la Ciencia”* (Martner, 1931), en los capítulos “El impulso científico del evolucionismo de Lamarck” (págs. 100-103), “Los fundamentos científicos del darwinismo y su influencia en el pensamiento humano” (págs. 150-160) y “El valor científico de la filosofía evolucionista y la sociología de Spencer” (págs. 160-169). Daniel Martner escribe: *“Hasta hoy, a pesar de las oposiciones interpuestas, aparece el darwinismo para la mayoría de los naturalistas, con las variaciones que muchos le introducen, como la mejor explicación del secreto de la vida”*. *Tanto es así, que su teoría ha ingresado cada vez más al terreno de casi todas las ciencias...*. *“Las contradicciones al darwinismo han ido acallándose a medida que con los estudios prehistóricos se han encontrado cada vez más vestigios de corroboración en casi todas las manifestaciones de la vida cultural de la humanidad”*. .

Con motivo del centenario del viaje de Darwin a Chile, el Profesor Alejandro Fuenzalida Grandón (1865-1942) dictó una conferencia en la Universidad de Chile, el día 5 de octubre de 1933, conferencia que fue publicada en los Anales de la Universidad (Fuenzalida, 1933). También se escribieron algunas críticas, como un artículo de Víctor Delfino (1936), que comentaba las palabras del profesor Emérico Luna, anatomista de la universidad palermitana, ante la asamblea de la Sociedad Italiana de Anatomía. El médico veterinario Dr. Guillermo Mann Fischer (1919-1967), zoólogo del Instituto y del Departamento de Parasitología de la Facultad de Biología y Ciencias Médicas de la Universidad de Chile, y encargado de Vertebrados en el Museo Nacional de Historia Natural en 1936, publicó varios trabajos con orientación evolutiva (Mann, 1951-1952; Mann, 1953-1956; Mann, 1963) y fundó el Centro de Investigaciones Zoológicas de la Universidad de Chile. En dicho Centro existió una unidad de Evolución, en la que diversos especialistas también realizaron trabajos zoológicos con orientación evolutiva, entre ellos Luis Capurro Soto, Francisco Silva y Ximena Espinoza, cuya línea de investigación se centraba en la comparación de proteínas para determinar relaciones filogenéticas (Capurro, 1964; Capurro y Silva, 1959a, Capurro y Silva 1959b, Capurro y Silva 1959c).

Un significativo aporte a la Biología evolutiva en Chile fue la obra del Dr. Danko Brncic Juricic (1922-1998), quien impulsó el estudio y desarrollo de la genética evolutiva en el país. En 1951 realizó estudios de postgrado en Genética en el Instituto de Biociencias de la Universidad de Sao Paulo, analizando el polimorfismo cromosómico adaptativo en *Drosophila*. Al año siguiente obtuvo una Beca Guggenheim para trabajar en el laboratorio del Prof. Theodosius Dobzhansky (1900-1975) en la Columbia University, Nueva York, analizando las bases cromosómicas de la superioridad adaptativa de los heterocigotos y de la integración del genotipo en poblaciones de *Drosophila*.

Entre 1953, el Dr. Danko Brncic completó sus estudios en la Universidad de Austin, Texas, especializándose en genética de poblaciones y evolución experimental. En Chile inició investigaciones sobre estructura genética, ecológica y citológica de poblaciones de Drosophilidos del grupo *mesophragmatica*. En 1954, contribuyó a la creación del Laboratorio de Genética y Evolución Experimental en la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. En 1958 participó en el Simposio conmemorativo de Darwin y Wallace durante el X Congreso Internacional de Genética, en Montreal, y en 1959 fue nombrado Profesor Extraordinario de dicha Facultad. Postuló que los procesos de especiación pueden depender de mecanismos de regulación génica basados en sistemas coadaptados de genes que controlan rasgos como el aislamiento reproductivo y la capacidad de explotar un determinado nicho ecológico. Junto con el Dr. Gustavo Hoecker, tomó en 1964 la iniciativa de fundar la Sociedad de Genética de Chile. En 1978 presentó a la Sociedad de Biología de Chile un trabajo sobre el concepto de evolución, junto con dos colaboradores (Brncic, Rothhammer y Ureta, 1978) y al año siguiente publicó el texto “*Fundamentos de la teoría de la evolución biológica*” (Brncic, 1979). En 1987 obtuvo el Premio Nacional de Ciencias.

En 1956 el Dr. Theodosius Dobzhansky viajó a Chile y realizó docencia sobre Genética, Evolución y Problemas Humanos. La revista *Biológica*, del Instituto de Biología de la Facultad de Biología y Ciencias Médicas de la Universidad de Chile, publicó entonces un artículo de su autoría (Dobzhansky, 1956). El año 1957, Roberto Torretti, filósofo de la ciencia, publica un artículo sobre las ideas de causalidad y evolución en las ciencias (Torretti, 1957). En 1958, Alejandro Horvat escribe acerca del desarrollo del concepto de evolución (Horvat, 1958). En esta misma época cobró gran importancia científica el tema del origen de la vida, a partir de los célebres experimentos de Stanley Miller y la divulgación de las ideas de Alexander Oparin (1894-1980) y de John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964). El tema se analizó en varios artículos publicados en revistas científicas nacionales (Spoerer, 1954; Hidalgo Ebel, 1956; Abarca Bertetti, 1958; Neret, 1958; Muller, 1965-1966)

En la Pontificia Universidad Católica de Chile destacó por su formación en el campo de la Biología evolutiva el Dr. Patricio Sánchez Reyes (1928-1999), quien fue académico de la Facultad de Ciencias Biológicas de dicha Universidad. Titulado Médico Cirujano en la Universidad de Chile en el año 1956, su tutor fue el profesor Danko Brncic, quien junto con las clases del Dr. Dobzhansky le despertaron gran interés por la genética y la evolución biológica.

El Dr. Patricio Sánchez inició un programa de perfeccionamiento en la Universidad de Harvard, donde permaneció por casi tres años siguiendo cursos con eminentes evolucionistas, tales como los paleontólogos de vertebrados Alfred S. Romer (1894-1973) y Bryan Patterson (1909-1979), el paleontólogo de invertebrados Harry Blackmore Whittington (1916- ), el entomólogo y biogeógrafo Philip Jackson Darlington, Jr. (1904-1983); el entomólogo y sociobiólogo Edward O. Wilson (1929-) y el ornitólogo y teórico de la evolución biológica Ernst Mayr (1904-).

En el programa de los Cursos de Verano, realizados en enero de 1960 en la Pontificia Universidad Católica de Chile, se incluyó un curso de Antropología Filosófica, a cargo del Doctor en Filosofía, Pbro. Eduardo Kinnen G., en cuyo temario se incluyó “*El hombre y la evolución biológica*” (P.U.C., 1960, pág. 15).

El escritor Benjamín Subercaseaux (1902-1973), graduado del Instituto de Psicología de la Universidad de París, dictó un curso regular de Psico-Antropología en la Universidad de Concepción, en el que entregaba nociones acerca de paleoantropología y de la evolución mental humana. Desarrolló los mismos temas en las Escuelas de Verano de la Universidad de Chile y de la Universidad Técnica “Federico Santa María”, en Valparaíso. Resumió los materiales de estos cursos en el libro “*El hombre inconcluso: ensayo psico-antropológico sobre la heterogeneidad psíquica de la especie humana*” (Subercaseaux, 1962), publicado con los informes favorables del Rector de la Universidad de Chile, Juan Gómez Millas (1900-1987), y del Dr. Hugo Lea-Plaza (1891-1963), a quien hemos mencionado previamente por su polémica con el presbítero Julio Restat Cortés, y luego en un segundo libro, *Historia inhumana del hombre* (Subercaseaux, 1964a) y en un artículo (Subercaseaux, 1964b). En 1965, la revista *Biológica*, del Instituto de Biología de la Facultad de Biología y Ciencias Médicas de la Universidad de Chile, publicó un artículo de Edmundo Covarrubias acerca de microevolución en poblaciones humanas chilenas (Covarrubias, 1965).

Durante el segundo semestre de 1973, otro de los fundadores del sinteticismo evolutivo, el botánico G. Ledyard Stebbins Jr. (1906-2000), Profesor Emérito de Genética de la Universidad de California, dictó un curso sobre Evolución en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Dado el éxito del curso y el interés de los alumnos por obtener resúmenes de las clases, el Dr. José Valencia Díaz, de dicho Departamento, tradujo al castellano y adaptó uno de sus principales libros (Stebbins, 1978). En aquella oportunidad, el Dr. Stebbins permaneció en Chile durante seis meses, aprovechando de realizar observaciones personales en el país (Stebbins, 1989, pág. 199).

En enero de 1983, la Unidad de Citogenética del Departamento de Biología Celular y Genética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, realizó el curso “Organización del núcleo y de los cromosomas. Cambios cromosómicos y evolución”, con el financiamiento de PNUD-UNESCO, materializado en el texto “*El núcleo, los cromosomas y la evolución*” (Berríos y cols., 1985). En la Universidad de Chile, tanto en su Escuela de Medicina (Departamento de Biología Celular y Genética) como en Facultad de Ciencias, se formaron grupos de investigación que trabajan en el campo de la Biología evolutiva. El grupo de trabajo que fue formado por el Dr. Danko Brncic está dedicado en la actualidad al estudio de la etiología y genética-ecológica de conductas y rasgos de historia de vida de especies de *Drosophila*. En él participan la Dra. Susi Koref-Santibañez, el Dr. Raúl Godoy Herrera, la Dra. Myriam Budnik Schwartzmann, y el Dr. Camilo Arriaza Onel. En el campo de la genética de microorganismos y evolución participa especialmente el Dr Gustavo Hoecker Salas (1915- ), Premio Nacional de Ciencias 1989, miembro de la Academia Chilena de Ciencias, autor de un texto sobre darwinismo (Hoecker, 1958). El fisiólogo Dr. Bruno Gunther escribió acerca de “*La evolución del cerebro en los vertebrados: implicaciones para la especie humana*” (Gunther, 1992).

El Dr. Fernando Lolas Stepke, profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile especializado en medicina psicosomática, publicó el trabajo “*Darwin y el estudio científico del comportamiento*” (Lolas, 1994). En el campo de la Biología evolutiva de anfibios y reptiles trabajan el Dr. Nelson Díaz Pérez, el Dr. Alberto Veloso Martínez, la Dra. Madeleine Lamborot Chastia, el Dr. José Navarro Barón y la Dra. Patricia Iturra C. Entre sus publicaciones en este campo se encuentran, por ejemplo, “*Phylogeny of Pleurodema (Amphibia-Leptodactylidae). A Biogeographic model*” (Duellman, W.E. y A. Veloso, 1977), “*Sistemática y evolución de los anfibios de Chile*” (Díaz y Veloso, 1979), “*Diversidad cromosómica en lagartos (Squamata - Sauria). I: Avances citotaxonómicos. Perspectiva de estudios evolutivos en Iguanidae*” (Navarro y cols. 1981); “*A new species of Pristidactylus (Sauria: Iguanidae) from central Chile and comments on the speciation in the Genus*” (Lamborot y Díaz, 1987), “*Karyotypic and meiotic evidence for a Robertsonian chromosome polymorphism in the lizard Liolaemus fuscus (Tropiduridae, Sauria)*” (Iturra y cols. 1994), “*Polimorfismo cromosómico y evolución intra e inter poblacional de la raza cromosómica "Norte 2n = 28-40" de Liolaemus monticola (Iguanidae) en Chile Central*” (Lamborot, 2001).

En Biología evolutiva de mamíferos sudamericanos trabajan en la Universidad de Chile, especialmente la Dra. Laura Walker Bozzo y Dr. Angel Spotorno Oyarzún, autores de textos tales como “*Origen y Evolución de la especie humana*” (Spotorno, 1991), “*Origen y evolución de los mamíferos chilenos*” (Spotorno y Walker, 2000) y numerosos artículos especializados sobre el tema.

El Dr. Rodrigo Vásquez Salfate estudia adaptaciones conductuales, morfológicas y de historia de vida, utilizando herramientas conceptuales de la Biología del comportamiento y la Biología evolutiva. El Dr. Rodrigo Medel Contreras se ha preocupado del estudio de los determinantes locales, geográficos e históricos que inciden en la coevolución parásito-hospedero, de la selección natural en mosaico geográfico y de los factores ecológicos que promueven convergencia o divergencia adaptativa entre las especies. Entre sus publicaciones se encuentran "*Assessment of parasite-mediated selection in a host-parasite system in plants*" (Medel, 2000) y "*Assessment of correlational selection in tolerance and resistance traits in a host plant-parasitic plant interaction*" (Medel, 2001). Ha participado en seminarios sobre ecología y evolución de plantas organizados por la Universidad de Sevilla, España. El Dr. Raúl Godoy-Herrera ha estudiado la etología, desarrollo, genética y evolución en *Drosophila* (Godoy-Herrera, 2001).

Mediante combinación de tejidos de reptiles (lagartijas del género *Liolaemus*) y aves (codorniz, *Coturnix coturnix*, un grupo de investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, dirigido por el Dr. Luis David Lemus Acuña, investiga sobre la capacidad formadora de dientes de las aves, característica perdida en el curso de la evolución (Lemus y cols., 1983; Lemus y cols., 1983; Lemus y cols., 1986). En genética de poblaciones humanas trabaja el Dr. Francisco Rothhammer Engel, quien en 1977 publicó "*Genética de Poblaciones Humanas*" (Rothhammer, 1977), en 1981 "*El desarrollo de las teorías evolutivas después de Darwin*" (Rothhammer, 1981) y en 1984 un artículo acerca de la polémica entre gradualismo evolutivo o saltacionismo (Rothhammer, 1984). El Dr. Eugenio Aspíllaga Fontaine, antropólogo físico, se ha dedicado al estudio de la Biología de las poblaciones humanas precolombinas chilenas, centrándose en la microevolución, paleopatología e indicadores osteológicos asociados a sus estilos de vida, publicando junto al Dr. Rothhammer y otros investigadores también algunos artículos sobre genética de poblaciones (por ejemplo, Llop y cols., 1993).

También ha incursionado en la evolución biológica el destacado investigador chileno Prof. Dr. Humberto Maturana Romesín, quien comenzó su carrera científica en 1948 como estudiante en la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile bajo la guía del Profesor Gabriel Gasiç y la continuó en Inglaterra en 1954 con el Dr. John Zachary Young (1907-1997), profesor de Anatomía del University College de London. En 1956, el Dr. Humberto Maturana fue aceptado en la Universidad de Harvard como candidato al Ph. D. en Biología. Estaba interesado en el modo de operar sistémico del sistema nervioso y la organización sistémica de los seres vivos.

El Prof. Dr. Humberto Maturana estudió con Ernst Mayr en 1956 y 1957, y regresó a Chile en 1960 como Ayudante Segundo en la Cátedra de Biología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile. Se ha preocupado de las implicaciones de su teoría de la autopoiesis en distintos ámbitos de la fenomenología biológica, especialmente en el origen de lo humano y la evolución biológica. En los últimos años ha escrito acerca de estas materias con Jorge Mpodozis y Juan Carlos Letelier, con quienes trabaja en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Son autores de "*Brain, Language and the Origin of Human Mental Functions*" (Maturana, Mpodozis y Letelier, 1995). Exponen sobre el mecanismo evolutivo en "*Origen de las especies por medio de la deriva natural*" (Maturana y Mpodozis, 1992) y "*The origin of species by means of natural drift*" (Maturana y Mpodozis, 2000), cuyas ideas se discuten en "*Teoría moderna de la evolución con un análisis del determinismo estructural de H. Maturana*" (Manríquez y Rothamer, 1997) y en "*Determinismo estructural: ¿teoría científica o dogma*" (Gallardo, 1997).

En la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile se dicta el programa de Doctorado en Ecología y Biología Evolutiva (EBE) desde el año 2000, surgido de la integración de los programas de Doctorado en Botánica, Ecología y Zoología, del área naturalista de la Facultad de Ciencias. En la sexta versión (2001) del programa "Científicos Biomédicos" que realiza la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile en verano para escolares de enseñanza media, el Profesor Germán Manríquez dictó la Conferencia plenaria "*Evolución de las formas biológicas*".

Grupos de investigadores en el campo de la evolución biológica se desarrollaron en otras Universidades Chilenas. En la Pontificia Universidad Católica de Chile, el profesor responsable del curso de Evolución Biológica es el Dr. Eduardo Palma Vásquez (1958- ), que trabaja en sistemática, reconstrucción de filogenias y biogeografía. Su línea de investigación está centrada en el estudio de las relaciones filogenéticas de vertebrados, especialmente mamíferos sudamericanos, utilizando secuencias nucleotídicas del genoma mitocondrial, otros marcadores moleculares y caracteres morfológicos, con el fin de reconstruir su historia evolutiva. Los aspectos de biogeografía complementan lo anterior, para conocer los patrones de distribución de los taxa e interpretar los procesos históricos evolutivos. Entre sus publicaciones, se encuentra, "*Phylogeny of southern South American mouse opossums (Thylamys, Didelphidae) based on allozyme and chromosomal data*" (Palma y Yates, 1998).

En la Universidad Austral de Chile, de la ciudad de Valdivia, se formó el Instituto de Ecología y Evolución, encabezado por el Dr. Eduardo del Solar Osses (?- 2001), quien fue miembro del Comité Editorial de la Revista *Evolución Biológica*, perteneciente a la Asociación Iberoamericana de Biología Evolutiva, al igual que los Drs Danko Brncic y Gustavo Hoecker. En el mismo Instituto de aquella Universidad, destaca el trabajo del Dr. Milton Gallardo Narcisi, que por más de dos décadas se ha dedicado a la investigación en Biología evolutiva, tanto en aspectos genético-poblacionales, citogenéticos como moleculares, para explicar la diversidad de roedores sudamericanos. Entre sus trabajos se encuentra, por ejemplo, “*Evolucion cariotipica en Ctenomys (Rodentia, Ctenomyidae) y clados hermanos*” (Gallardo, 1989). El Dr. Roberto F. Nespolo Rossi (2000), de la misma unidad, también investiga en el campo de la evolución biológica (Nespolo, 2000; Nespolo, 2003). Los investigadores M. Cecilia Norambuena y Marco Paredes trabajan en el campo de la genética de poblaciones (Norambuena y M. Paredes, 2003). El Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Austral de Chile, ha programado para entre el 27 y el 31 de Octubre de 2003, el Curso de Postgrado “*Genética Cuantitativa y Evolución de Historias de Vida*” a cargo del Profesor Dr. Derek A. Roff, de la Universidad de California, especialista en genética cuantitativa y poblacional.

En el Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, el Dr. J. Ramón Formas y colaboradores han estudiado las relaciones filogenéticas en anfibios (Formas, Núñez y Brieva, 2001). A partir del año 2003 comenzaron a dictarse en la Universidad Austral de Chile los Cursos Honors sobre Medio Ambiente, cuyo objetivo principal es entregar a los alumnos una oferta complementaria a sus carreras. Entre los cursos que serán ofrecidos en los próximos años por el Currículo de Honor se ha considerado incluir “*Evolución biológica y evolución cultural: Competencia, cooperación, y desarrollo humano sostenible*”.

Trabajando en la Universidad de Talca, Luis C. Contreras y Juan C. Torres-Mura, jnto con José L. Yañez, del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile, publicaron una hipótesis eco-evolutiva respecto a la biogeografía de los roedores Octodóntidos (Contreras, Torres-Mura y Yañez, 1987). En la Universidad de La Serena investigan en el campo de la evolución de vertebrados los Drs. Carlos Zuleta Ramos y Arturo Cortés Maldonado (véase Spotorno, Zuleta y Cortés, 1990). En la Universidad de Valparaíso, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, se creó un grupo de investigación en Genética de poblaciones humanas, dirigidos por el Dr. Carlos Campusano.



En la ciudad de Osorno, en la Universidad de Los Lagos, Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Genética y Acuicultura, existe un grupo de investigación en genética evolutiva, a cargo del Dr. Gonzalo Gajardo, que también ha publicado en el tema (Gajardo y Beardmore, 2001). En la Universidad de Concepción, los Drs. Ciro Oyarzún González y Ricardo Galleguillos González, trabajan en Biología evolutiva de peces y los Drs. Pedro Victoriano Sepúlveda y Juan Carlos Ortiz Zapata en Biología evolutiva de anfibios y reptiles (véase por ejemplo, Galleguillos, Troncoso y Oyarzún, 1997; Galleguillos, Troncoso y Oyarzún, 1999; Victoriano y cols., 1995; Victoriano y cols., 2003). El Dr. Pedro Victoriano, viajó a España para dictar el curso de posgrado “*Estimaciones de variabilidad genética en peces de agua dulce*”, en el programa de doctorado en Biología de la Universidad de Sevilla. En enero de 2002, el Departamento de Zoología de la Universidad de Concepción ofreció un curso de actualización en Evolución Biológica que en enero ofreció a profesores de educación media. El curso fue dictado por los académicos Drs. Viviane Jerez Rodríguez, Juan Carlos Ortiz Zapata, Luis E. Parra Jiménez y Pedro Victoriano Sepúlveda. En 1998, la Dra. Viviane Jerez había publicado un texto sobre el mismo tema para utilizar en enseñanza media (Jerez, 1998).

En la Universidad Católica de la Santísima Concepción, ubicada también en la ciudad de Concepción, trabaja el Dr. Patricio A. Camus, actualmente Director de Investigación y Postgrado, quien ha desarrollado investigaciones en sistemas marinos litorales y en algunas de sus publicaciones ha abordando aspectos metodológicos y epistemológicos en las Ciencias biológicas, entre ellos algunos relativos a la evolución biológica (Camus; 1997a; Camus, 1997b; Camus, 2000). En la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, el Dr. Daniel Frías Lasserre, profesor titular del Instituto de Entomología, quien ha sido presidente de las sociedades Chilena de Entomología y Genética de Chile, se ha preocupado de las relaciones evolutivas entre insectos y plantas y de mecanismos de especiación en insectos (véase, por ejemplo, Frías, 2001). En noviembre de 1987, en el marco del IX Congreso Nacional de Entomología, reunido en Valdivia, se abordó el tema de los fundamentos de la sistemática, desde el punto de vista evolutivo, en tres conferencias, publicadas al año siguiente en la revista *Medio Ambiente* (Artigas, 1988; Toro, 1988; Ruz, 1988).

En el campo de la Biología molecular, el doctor Eugenio Ramírez Villalobos y colaboradores, del Departamento de Virología del Instituto de Salud Pública, han realizado estudios en filogenia viral (Ramírez y cols., 2002), y G. Cecilia Toro, del Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, ha estudiado la evolución de las histonas (Toro, 2001).

En el terreno de la paleontología evolutiva, influyeron positivamente varios investigadores extranjeros. Los paleontólogos de vertebrados argentinos Dr. Osvaldo Alfredo Reig Barutta (1929- 1992) y Dr. Rodolfo Magin Casamiquela Gerhold (1932 - ) integraron el grupo de universitarios que salieron de Argentina tras el golpe militar que derrocó al presidente Arturo Illia en 1966. El Dr. Osvaldo Reig se incorporó a la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, y luego a la Universidad Austral de Chile. En 1966 trabajó en el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard y en 1972 en el Museo Británico, donde obtuvo el título de PhD en Zoología y Paleontología. El Dr. Rodolfo Casamiquela se integró al Museo Nacional de Historia Natural de Chile y a la Universidad de Chile, donde fue profesor de zoología de vertebrados en la Facultad de Ciencias y de paleontología para arqueólogos en la Facultad de Filosofía y Educación. Ambos paleontólogos de vertebrados realizaron publicaciones sobre evolución de vertebrados (por ejemplo, Casamiquela, 1965; Reig, 1967; Reig, 1990) y participaron en la formación de numerosos investigadores nacionales. Debe destacarse también al paleontólogo y paleoecólogo estadounidense Larry G. Marshall, Profesor Asociado del *Institute of Human Origins*, Arizona State University (Tucson, USA), especialista en mamíferos fósiles y en evolución de peces, que ha permanecido en Chile durante algunos períodos, asociado al laboratorio de Paleontología del Museo Nacional de Historia Natural. En 1997 se fundó la Sociedad Paleontológica de Chile (SPACH), organización sin fines de lucro dedicada al desarrollo de la paleontología en Chile. Organizó el *Primer Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados*, realizado en Santiago entre el 29 y el 31 de Octubre de 2002. La Sociedad Paleontológica de Chile también organizó a muestra "*Selva Aventura*", patrocinada por el Ministerio de Educación, cuyo principal objetivo fue explicar la evolución animal. Para ello, el biólogo David Rubilar, investigador asociado del Museo de Historia Natural de Chile, especializado en Paleontología, explicó a los visitantes el desarrollo de los seres vivos sobre nuestro planeta.

El ingeniero matemático chileno Dr. Álvaro Fischer Abeliuk (1953- ), publicó el libro "*Evolución... el nuevo paradigma*" (Fischer Abeliuk, 2001), en el que plantea una visión unitaria del conocimiento científico aplicando el mecanismo de evolución mediante selección natural más allá de sus alcances biológicos, hacia la moral, el mercado, la propiedad y el sentido de la trascendencia. El Bioquímico y Químico-Farmacéutico Dr. Mario Sapag-Hagar, Profesor Titular de la Universidad de Chile, también analizó las relaciones entre evolución, herencia biológica y herencia cultural (Sapag-Hagar, 1991) y publicó en el año 2003 el libro "*La unidad bioquímica del hombre*" (Sapag-Hagar, 2003), en el que busca proyectar la lógica bioquímico- molecular hacia lo social y cultural, integrando la evolución cultural del hombre con su evolución biológica.

A los textos mencionados se agregan los de carácter histórico, relacionados fundamentalmente con Charles Darwin. Con motivo del centenario de la teoría de la evolución de Darwin y Wallace y de *“El origen de las especies”* se publicaron en Chile varios artículos, conmemorativos o de evaluación del darwinismo (Duke, 1958; Badínez, 1958; Brncic, 1958; Hoecker, 1958; Looser, 1958; Mostny, 1959; Darwin, 1959-1960; Keller, 1959-1960; Brncic, 1959-1960; Yañez Bravo, 1960; Villalobos, 1960; Zuleta, 1960). En su revisión histórica, Pedro Zuleta Guerrero (1911-1981), profesor de la Universidad de Chile, manifiesta: *“Después de un siglo de efervescencia científica ideológica, la genial intuición de Darwin en sus líneas generales continúa siendo valedera sin que los ataques hayan vulnerado substancialmente su significación. Explicaciones llevadas a cabo en fisiología, en bioquímica y citología comparadas, en conducta animal, en ecología, en sistemática y en paleontología vuelven a ser favorables a la tesis darwiniana. Ellas dejan establecido el valor de la selección, aunque relacionada y reproduciendo el mecanismo genético”*. *“La evolución es hoy el fenómeno universal paradigmático. Ningún sistema, desde lo inorgánico a lo vivo, escapa a su dinamismo energético”* (pág. 79).

El historiador Sergio Villalobos Rivera, Premio Nacional de Historia 1992, publicó *“Darwin y Chile”* (Villalobos, 1960) y *“La aventura chilena de Darwin”* (Villalobos, 1974). Destaca también *“Darwin: la aventura de un espíritu”* (Papp, 1983), que si bien fue publicado en Madrid, su autor, el historiador de la Ciencia Desiderio Papp Pollack (1895-1993), nacido en Sopron (Odenburg, Hungría), en 1958 fue invitado por la Universidad de Concepción para dictar un curso en la Escuela de Verano y en 1961 se radicó en Chile (Prenafeta, 1985, pág. 20), donde vivió hasta su muerte. En 1961, Desiderio Papp abordó el desarrollo histórico del evolucionismo (Papp, 1961). Otro texto de su autoría (Papp, 1974) se refiere al argumento antidarwinista del ingeniero escocés Henry Charles Fleeming Jenkin (1833—1885), quien en 1868 afirmó que si una sola forma mutante aparece con un carácter ventajoso no podrá influir en la evolución de la especie porque ese nuevo rasgo desaparecerá entre la masa de individuos que no han experimentado cambio. La objeción desapareció al descubrirse las leyes de Mendel, que demuestran que la evolución es particulada, no mediante mezcla. El profesor Desiderio Papp fue premiado con numerosos galardones y distinciones, como la Medalla Andrés Bello, de la Universidad de Chile y fue designado "Ciudadano de Honor", y Doctor Honoris Causa de la Universidad de Concepción. Bernardo Márquez Bretón, quien fue su colaborador docente en los cursos de Historia y Filosofía de la Ciencia impartidos en la Universidad de Chile, publicó *“Orígenes del darwinismo en Chile”* (Márquez, 1982).

En fechas más recientes se han publicado otros varios artículos históricos sobre Charles Darwin y sobre el evolucionismo en Chile (Anónimo, 1982; Cruz-Coke, 1994; Yaksic y Lazo, 1994; Orrego Vicuña, 1998; Tamayo y Troncoso, 1998; Tamayo, 1998; Bacigalupo, J. y D. Yudilevich, 1998; Rozzi, R. y F. Massardo, 1999; Chirino, L. y D. Yudilevich, 1999). El Dr. David Yudelevich Levy, Profesor Titular de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile y Profesor Emérito del King's College de la Universidad de Londres, organizó en octubre de 1993 el simposio y exposición "*Darwin y la Beagle en Chile. Evolución hoy*", con el patrocinio de The British Council, y editó "*Darwin en Chile*" (Darwin, 1996), que corresponde a las páginas del libro de Charles Darwin, "*Viaje de un naturalista alrededor del mundo*" en las que se relata el paso por tierras chilenas. Creador y Director del Programa Darwin, de la Universidad de Chile, Dr. David Yudelevich Levy ha impulsado actividades para dar a conocer la relación de Charles Darwin con el país. Sobre el texto de Darwin editado por el Dr. David Yudelevich Levy, publicó un artículo la escritora Sofía Correa Sutil (1996).

En 1997, se publicó en la ciudad de Punta Arenas el libro "*Darwin en Patagonia y Tierra del Fuego*", texto de 133 páginas correspondientes al paso por tierras magallánicas de la obra "*Viaje de un naturalista alrededor del mundo*", con prólogo de Carlos Vega Delgado. Entre los días 22 y 26 de noviembre de 1998 se realizó la "*Exposición y simposio internacional para conmemorar la visita de Charles Darwin a la isla de Chiloé*", actividad organizada por el Instituto de Investigaciones Ecológicas Chiloé (IIECH) y la Estación Biológica "*Senda Darwin*", en Ancud, Chiloé. En Mayo de 2001, en la Casa Central de la Universidad de Chile, se presentó "*Chiloé*", de Carlos Darwin, la edición bilingüe que contiene los apuntes del célebre científico en su viaje por este archipiélago, extraídos de "*Viaje de un naturalista alrededor del mundo*", en una edición preparada por David Yudilevich y Eduardo Castro Le Fort.

Aparentemente, en Chile no se han editado textos de autores nacionales para la enseñanza de la evolución en el nivel universitario, salvo un texto de Biología celular y genética que contiene algunos capítulos sobre evolución (Spotorno y Hoecker, 1993). En las décadas de 1960 y 1970, la Comisión Central de Publicaciones de la Universidad de Chile, en asociación con Ediciones Ariel, editó en castellano dos importantes textos acerca del evolucionismo moderno (Mayr, 1968; Dobzhansky, 1969).

**CAPÍTULO III. ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA  
EN CHILE**

---

### **13. CHILE EN EL INICIO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

#### **NATURALES**

- 13.1. La resistencia de los grupos conservadores a la enseñanza de las Ciencias Naturales
- 13.2. Se agudizan los conflictos entre “laicos” y “ultramontanos”
- 13.3. La intervención de la masonería

### **14. LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LOS TEXTOS DE ESTUDIO DE ENSEÑANZA MEDIA CHILENOS**

- 14.1. El conflicto en torno al primer texto de estudio de Ciencias Naturales
- 14.2. Los primeros textos de estudio chilenos relativos al evolucionismo: Otto Bürger y Bernardino Quijada
- 14.3. Surgen los textos de estudio antievolucionistas: E. Santier Saint Gabriel y Theo Drathen
- 14.4. Un nuevo autor y su texto evolucionista: Humberto Vivanco Mora
- 14.5. Nuevos textos antievolucionistas: Valentín Panzarasa y Guillermo Abel
- 14.6. Carlos Silva Figueroa, continuador de Quijada y Vivanco Mora
- 14.7. Décadas de 1950-1060: Nuevos textos, nuevos autores
- 14.8. La eliminación de la biología evolutiva de los programas de estudio
- 14.9. La reincorporación de la biología evolutiva a los programas de estudio

### **15. CARACTERÍSTICAS DE LOS TEXTOS DE ESTUDIO SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA PARA LA ENSEÑANZA MEDIA CHILENA**

- 15.1. Ideología de autores de texto y su posición frente al evolucionismo
- 15.2. Importancia del tema evolutivo en la Educación media chilena
- 15.3. Contribución de textos chilenos al planteamiento de ideas evolucionistas
- 15.4. Avance del conocimiento científico sobre evolución y su manifestación en la enseñanza
- 15.5. Tradición e innovación
- 15.6. Temas y subtemas de la Biología evolutiva considerados en los textos más recientes
- 15.7. Exactitud y veracidad
- 15.8. Características deseables

### **16. RESUMEN DE LOS RESULTADOS**

## 13. CHILE EN EL INICIO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

### 13.1. La resistencia de los grupos conservadores a la enseñanza de las Ciencias Naturales

En 1856, durante el gobierno del Presidente Manuel Montt (1809-1880), el cabildo de la Catedral de Santiago entró en conflicto de atribuciones con el Vicario del Arzobispado, debido a que el sacristán mayor decretó la separación de un sacristán sin el acuerdo del cabildo eclesiástico. Dos canónigos apelaron a la Corte Suprema de Justicia, pero el Arzobispo de Santiago, Rafael Valentín Valdivieso y Zañartu (1804-1878) le negó a este tribunal competencia en el caso (Frías Valenzuela, 2000, pág. 238). Este incidente, conocido como la “*cuestión del sacristán*”, produjo una fuerte confrontación en relación a la influencia de la Iglesia sobre el Estado y la sociedad, produciendo la denominada “*revolución de 1859*”, que llevó a la división del antiguo partido de gobierno conocido como de los “*pelucones*”. Como consecuencia de ello, se formó la fusión liberal-conservadora, contraria a Manuel Montt.

Los integrantes de la fusión liberal-conservadora buscaban terminar con el autoritarismo presidencial y defendían que la enseñanza no fuese contraria a la religión católica, religión oficial del estado de acuerdo con la Constitución de 1833. Los Nacionales o Monttvaristas, en cambio, apoyaban al gobierno, defendían la autoridad y el predominio del Estado sobre la Iglesia. Entre 1861 y 1891, en Chile se vivió el “período de la expansión” o “período de la República Liberal”. Después de tres decenios de Poder Ejecutivo conservador y autoritario, esta época se caracterizó por reformas constitucionales que disminuyeron el poder presidencial y la influencia de la Iglesia sobre la vida privada de las personas y por la difusión del pensamiento liberal europeo, relativo a una mayor libertad, de manera que los ciudadanos pudiesen actuar y expresar libremente sus opiniones. Los liberales tenían como objetivos quitarles atribuciones al Presidente y avanzar en la laicización de la sociedad, eliminando la tutela clerical sobre la educación, la moral y las relaciones con el estado.

Entre 1861 y 1871, gobernó el Presidente Nacional José Joaquín Pérez Mascayano (1800-1889), hombre moderado y culto que se propuso implantar un “*gobierno de todos para todos*”. En 1862 se produjo la división del Partido Nacional, y los liberales disidentes, que no aceptaban la alianza con los conservadores, formaron el Partido Radical, que proponía la enseñanza laica. Sin embargo, los radicales lograron organizar su partido en forma autónoma recién en 1888.

En 1864 la Fusión Liberal-Conservadora obtuvo mayoría en el Congreso y, aunque el presidente era miembro del Partido Nacional, formó su segundo gabinete con miembros de esa coalición. Uno de sus ministros fue el destacado publicista y ensayista José Victorino Lastarria (1817-1888). Según relata el historiador Diego Barros Arana (1904), la introducción de la enseñanza de las Ciencias Naturales había encontrado una fuerte resistencia, presionándose a los gobernantes, rectores de institutos particulares, casi todos pertenecientes a congregaciones religiosas, e incluso a los directores de los establecimientos estatales, para impedir que se considerasen a las asignaturas científicas como requisito para la obtención de títulos universitarios.

La incorporación de la Historia Natural en la enseñanza de los liceos fue fuertemente resistida por los grupos conservadores, que aducían que las ideas darvinianas contradecían la lectura textual del Génesis y argumentaban que estos estudios eran “*absolutamente innecesarios*”. Este conflicto era parte de una antigua pugna existente entre el liberalismo laico y el catolicismo, que abarcaba además asuntos como el matrimonio civil y los cementerios laicos. Tras la discusión parlamentaria en torno a la reforma del artículo 5 de la Constitución de la República de 1833, que establecía la Religión católica como Religión Oficial del Estado, se aprobó en 1865 una ley interpretativa del mismo, que de hecho impuso la libertad de culto.

El Arzobispo de Santiago, Rafael Valentín Valdivieso y Zañartu (1804-1878) presentó un reclamo formal al Ministro de Culto, pidiendo el respeto de la Constitución, la observancia del artículo 5 y por lo tanto la recusación de la ley interpretativa, a la vez que emitió un Edicto, con fecha 5 de enero de 1869, en el que atacó con duros epítetos a los liberales, a los que calificó de “*pérfidos impíos*” atribuyéndoles la intención de socavar la autoridad espiritual de la Iglesia. Monseñor Valdivieso expresó: “*La guerra... se encruce contra la Santa Iglesia, sus santísimas instituciones, sus fieles ministros, hasta contra sus más humildes hijos... y esta guerra es brutal, pérfida e implacable. Los pérfidos impíos, como todos los verdugos de la humanidad, usan la fuerza para sojuzgar a sus elegidas víctimas i saciar la sed de mando que los devora... Se procura destruir la familia cristiana, sustituyendo el legal concubinato al santo sacramento del matrimonio i obligando a que envíen a sus hijos a escuelas pervertidas por la impiedad i en donde la religión verdadera no puede ser inculcada por los sacerdotes*” (Valdivieso, 1875, pág. 16).

En 1869, en su Memoria Anual al Congreso, el Ministro de Instrucción Pública señaló la conveniencia de suprimir la enseñanza del Latín, por su dudosa utilidad y porque lo consideraba un obstáculo serio “*para la mayor difusión de las luces*”.



La *Revista Católica* comentó la exposición defendiendo la enseñanza obligatoria del Latín y aprovechó de hacer otras sugerencias, sobre la enseñanza de las ciencias: “*Reconociendo la inmensa importancia de las ciencias exactas, físicas i naturales, admitiendo además que la jente ilustrada no puede en el día carecer de algunas nociones en esos ramos del saber, las indispensables por lo menos para el trato social, no dudamos en afirmar que será sobre manera desacertado i funesto, hacer del estudio de las ciencias positivas el principal elemento de la alta educación intelectual*” (La *Revista Católica* 1082, pág. 362, 1869). Finalmente, en 1876 el gobierno decretó que el estudio del Latín pasaba a ser optativo.

En este contexto, surgió en 1863 un movimiento impulsado por el historiador Diego Barros Arana (1830-1907), tendiente a la modernización de la enseñanza secundaria en Chile y que manifestaba una seria preocupación por la enseñanza de las Ciencias. Ese año, Diego Barros Arana se hizo cargo de la Rectoría del Instituto Nacional, centro educativo de gran importancia como plataforma institucional para ciertas propuestas de modernidad y escenario de ejercicio de resistencia a sectores conservadores y eclesiásticos (Vicuña, 1997, pág. 7) y logró una reforma a la educación secundaria. En el nuevo plan de estudios, de seis años, el eje era el Latín, al que se agregaban Gramática, Matemática, Historia Natural (Zoología, Botánica), Química, principios de Geología, elementos de Cosmografía, Historia, Literatura y Filosofía. La Facultad de Filosofía de la Universidad de Chile, dirigida por el ensayista José Victorino Lastarria (1817-1888), aprobó el plan de estudios. Se dotó al Instituto Nacional de Gabinetes de Física, Química e Historia Natural, y de una biblioteca.

### 13.2. Se agudizan los conflictos entre “laicos” y “ultramontanos”

El Presidente de la República Federico Errázuriz Zañartu (1825-1877), que gobernó entre 1871 y 1876, fue un liberal avanzado que combatió a Manuel Montt y fue desterrado al Perú tras participar en el movimiento revolucionario de 1851. Volvió a Chile y fue ministro de la Fusión Liberal-Conservadora, que lo llevó a la presidencia. Comenzó su gobierno con un ministerio Liberal Conservador, en el que desempeñaba la cartera de Justicia, Culto e Instrucción Pública el dirigente Conservador Abdón Cifuentes y Espinoza (1836-1928), padre del conservantismo clerical en Chile y fundador de la Unión Católica. Dentro de la combinación que lo había llevado al poder, se generó un fuerte antagonismo ideológico, uno de cuyos aspectos era la enseñanza particular. El 15 de enero de 1872, Abdón Cifuentes dictó un decreto autorizando a los colegios particulares, en su mayoría Católicos, a tomar sus exámenes, preparar sus programas y otorgar certificados de estudios válidos para la Universidad.

Liberales y radicales atacaron al decreto de Abdón Cifuentes porque consideraban que las supuestas garantías que daba eran ilusorias y porque debería respetarse el principio del estado docente, doctrina liberal y precepto de la Constitución Política. Estando en vigencia el decreto de Abdón Cifuentes, el Instituto Nacional entró en crisis. Este establecimiento fiscal no podía dar las facilidades de fácil aprobación que ofrecían los colegios particulares, los padres de familia se oponían a que a sus hijos se les exigiesen aprobar ramos científicos, y los alumnos se sublevaron contra la autoridad del Rector, el liberal Diego Barros Arana. La controversia planteada fue aprovechada en 1873 por Abdón Cifuentes para exonerar a Barros Arana de su cargo de Rector (Silva y Schroeder, 1998). Al igual que el Presidente Federico Errázuriz Zañartu, el historiador Diego Barros Arana había desarrollado actividades periodísticas contra el gobierno del conservador Manuel Montt, y había sido desterrado, recorriendo Uruguay, Argentina, Brasil, Inglaterra, Francia y España.

La consiguiente desorganización del sistema educacional produjo tales críticas que debió derogarse el decreto y Abdón Cifuentes presentó su renuncia el 17 de julio de 1873, con lo cual el Partido Conservador se retiró del gobierno y Errázuriz Zañartu buscó apoyo de Liberales y Radicales, grupos que querían poner fin a la influencia de la Iglesia Católica sobre la vida pública. El nuevo ministro de Justicia, Cultos e Instrucción Pública, el liberal José María Barceló Carvallo (1835-?), decretó en 1873 que en los colegios estatales la enseñanza de la religión católica no sería obligatoria para los estudiantes cuyos padres solicitasen la excepción y en 1874 revocó el decreto de Abdón Cifuentes y promulgó un nuevo decreto sobre exámenes, lo que suscitó una nota de reclamo del episcopado al Gobierno y la condenación unánime por parte de la Iglesia (Vicuña, 1997 pág. 13).

Desde esa época, y durante varias décadas, se produjo el enfrentamiento político e ideológico entre dos bandos irreconciliables que deseaban orientar la enseñanza pública, los laicos-liberales, encabezados inicialmente por José Victorino Lastarria (1817-1888), Diego Barros Arana (1830-1907) y el sociólogo Valentín Letelier Madariaga (1852-1919), y los católicos conservadores o “ultramontanos”, encabezados por Abdón Cifuentes Espinosa (1836-1928) y Joaquín Larraín Gandarillas (1822-1897). El darwinismo fue uno de los temas en conflicto. Los liberales intentaban difundir en Chile las ideas positivistas y del liberalismo europeo, entre ellas el evolucionismo, mientras los conservadores consideraban que la doctrina darwinista atentaba contra la formación valórica de los jóvenes. “*No reclame el darwinismo la autoridad de la ciencia mientras no logra en su apoyo el testimonio de los hechos*”, escribía *La Revista Católica* en 1873 (número 1261, pág. 249).

En su Discurso de Apertura de la Primera Gran Asamblea de la Unión Católica de Chile, pronunciado el 1 de noviembre de 1884, Abdón Cifuentes se refirió al liberalismo secularizador, transformado en el paganismo moderno: “*niega al hombre su excelso origen, y su celestial destino, y lo rebaja al nivel de los brutos, invitándolo a vivir y a morir como ellos, se ceba y encarniza contra todo lo que hay de grande, de pro y elevado en la humanidad*” (Cifuentes, 1936, pág. 22). Incluso varias décadas más tarde, E. Santier Saint Gabriel (1923, pág. 11) escribía: “*Mons. G. Fuenzalida, uno de los más eminentes educacionistas de nuestro país, no teme afirmar que en nuestros establecimientos fiscales se enseña la Teoría de la Evolución únicamente por espíritu de incredulidad y de apostasía*”.

### 13.3. La intervención de la masonería

En el grupo de los conservadores participaban activamente los miembros del clero. Por su parte, los principales líderes del grupo laico-liberal pertenecían a la francmasonería o masonería, institución universal, esencialmente ética, filosófica e iniciática. Tras varios intentos por arraigar la masonería en Chile, el marino Manuel Blanco Encalada (1790-1876), que ocupó la Presidencia de la República en 1826, fundó en 1827 la Logia “*Filantropía Chilena*”. En 1852, Manuel de Lima fundó la logia “*Unión Fraternal*”, con los auspicios del Gran Oriente de Francia, y en 1862 se fundó la “*Gran Logia de Chile*”. Entre algunas destacadas personalidades que hemos mencionado o mencionaremos, y que pertenecían a la masonería, se encuentran Andrés Bello López (1781-1865), José Victorino Lastarria (1817-1888), Eduardo de la Barra (1839-1900), José Abelardo Nuñez Murúa (1840-1910), Valentín Letelier Madariaga (1852-1919), Juan Enrique Lagarrigue (1852-1927), Juan Noé Crevani (1877-1947), Darío Salas Díaz (1881-1941) y los Presidentes de la República Arturo Alessandri Palma (1868-1950), Pedro Aguirre Cerda (1879-1941) y Salvador Allende Gossens (1908-1973) (<http://www.granlogia.cl/influencia.html>). Miembros de la Orden Masónica inspiraron la creación de colegios laicos, la ley de Instrucción Primaria Obligatoria y la creación de Universidades de Concepción, Técnica del Estado (hoy de Santiago), Universidad Central, La República, etc.

El papa Clemente XII, Lorenzo Corsini (1652-1740), en “*In eminenti*”, había condenado a la masonería. Durante la segunda mitad del siglo XIX, los enfrentamientos internacionales entre la masonería y la Iglesia Católica alcanzaron su punto culminante. En abril de 1848, mientras la masonería internacional fomentaba atentados, revoluciones y desórdenes contra el Papado y las naciones tradicionalmente católicas, en medio de grandes motines, el papa Pío IX, Giovanni Maria Mastai Ferretti (1792-1878), se trasladó a Gaeta.

Poco después se proclamaba la República Romana por parte de Giuseppe Mazzini, Carlo Armellini e Aurelio Saffi. Las iglesias fueron saqueadas, Mazzini incautaba obras de arte de la Iglesia para pagar a la masonería británica que había prestado el dinero para tomar Roma. Tras la intervención de las tropas francesas, cayó la República romana y el Papa pudo volver a la capital en 1850, desarrollando una política de intransigencia (“*Non possumus*”) hacia las exigencias del poder laico, y convirtiéndose en acérrimo enemigo del ala anticlerical de la masonería. En 1864, Pío IX promulgó la encíclica “*Quanta cura*”, con el anexo “*Syllabus*” en que la iglesia condenaba los errores del momento y conceptos liberales e iluministas. Durante su pontificado, Pío IX entregó 124 documentos antimasones. Según Pío IX todos los males que se abatían sobre la Iglesia y la sociedad provenían del ateísmo y del cientismo del siglo XVII, postulado por la masonería y exaltado por la Revolución Francesa. En su encíclica “*Qui pluribus*”, del 9 de octubre de 1849, se refirió a “*hombres ligados por una unión nefanda*” que corrompen las costumbres y combaten la fe en Dios y en Cristo postulando el naturalismo y el racionalismo y produciendo el conflicto entre ciencia y fe.

En 1872 una logia masónica fundó la Escuela Primaria “*Blas Cuevas*” en Valparaíso, hecho a partir del cual se vinculó la discusión de la enseñanza religiosa con la condenación de la masonería, como lo hizo el Gobernador Eclesiástico de Valparaíso, Mariano Casanova y Casanova (1833-1908), al oponerse a la fundación de dicha escuela (Vicuña, 1997 pág. 12). Recogiendo las palabras de *Etsi Multa*, Encíclica de Pío IX del 21 de noviembre de 1873, sobre los ataques a la Iglesia en los diferentes países, en Chile en 1874 el Arzobispo de Santiago, Rafael Valentín Valdivieso y Zañartu, calificó a la masonería como “*Sinagoga de Satanás*”, acusándola de reunir y movilizar a todas las fuerzas anticristianas para librar una guerra a muerte contra la Iglesia de Jesucristo. “*A la verdad y el amor a Cristo – manifestó – la masonería opone el error y el egoísmo, a la conciencia opone la simple opinión, y pide la libertad para todas las opiniones*” (Valdivieso, 1874, pág. 534).

El obispo de Maguncia, Whilhen Enmanuel von Ketteler (1811-1877) escribió el folleto “*¿Un católico puede ser masón?*”, comentado en *La Revista Católica* del 21 de junio de 1873 (pág. 169-171): “*No solo es incompatible la francmasonería con la religión católica, sino que también la razón y la moral nos prohíben absolutamente entrar en ella*”. El papa León XIII, Vincenzo Gioacchino Pecci (1810-1903) en su encíclica “*Humanum genus*”, de 20 de abril de 1884, calificaba a la masonería de organización secreta, enemigo astuto y calculador, negadora de los principios fundamentales de la doctrina de la Iglesia, tras lo cual Joaquín Larraín Gandarillas (1822-1897) entregó un edicto en relación a dicha Encíclica (Larraín Gandarillas, 1884).

En el canon 2335 del Código de Derecho Canónico de 1917 se establecía que *"los que dan su nombre a la secta masónica, o a otras asociaciones del mismo género, que maquinan contra la Iglesia o contra las potestades civiles legítimas, incurren ipso facto en excomunión simplemente reservada a la Sede Apostólica"*. El 17 de febrero de 1981, la Congregación para la Doctrina de la Fe publicó una declaración en la que nuevamente afirma *la excomunión para los católicos que den su nombre a la secta masónica y a otras asociaciones del mismo género*, con lo cual, la actitud de la Iglesia permanece invariable.

## 14. LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LOS TEXTOS DE ESTUDIO DE ENSEÑANZA MEDIA CHILENOS

### 14.1. El conflicto en torno al primer texto de estudio de Ciencias Naturales

A partir de la reforma impulsada por Diego Barros Arana, se publicaron varios textos que enriquecieron la literatura didáctica y que formaron la base de bibliotecas para los centros de educación. Entre ellos destaca el primer libro de Ciencias Naturales para el uso de la enseñanza secundaria en Chile (Mostny, 1980), que con el título de *"Elementos de Historia Natural"* publicó el médico naturalista alemán Rodolfo Amando Philippi (1808-1904) en 1866. En su última página de su segunda edición (1869) aparentemente hace una mención de las ideas darvinistas sobre la evolución biológica. Según cuenta Barros Arana (1904, págs. 144-145), *"Las breves nociones de Jeología de aquel libro están trazadas con claridad, i con conocimiento de causa. Pero Philippi se había limitado a hacer una esposición sumaria de los principales hechos o fenómenos jeológicos, sin intentar siguiera esponer las ideas fundamentales que ese estudio han hecho nacer. Advertido por mí de esa deficiencia, convino Philippi a agregar a su libro una última página para salvarla"*. En las líneas que agregó a su texto de estudio, Philippi se limitó simplemente a exponer las ideas de Georges Cuvier y las de Charles Darwin, sin apoyar al evolucionismo sino más bien dudando de su validez: *"El que esto escribe no cree en este cambio de una especie en otra, a no ser de un modo muy limitado, aún prescindiendo de otras consideraciones, pero un libro elemental como este no es lugar para la discusión de cuestiones de esta naturaleza. Solo el estudio minucioso de los restos fósiles, la comparación escrupulosa de uno con otro y con las especies actualmente existentes podrá con el tiempo arrojar alguna luz sobre este punto, aunque sea probable que no conoceremos jamás el secreto de la creación"*.

Rodolfo A. Philippi incluyó al ser humano en su Historia Natural, entre los mamíferos, en el orden Bimanos. Pero, al respecto comenta: *“Tal es en sus rasgos más generalmente la estructura de nuestro cuerpo; aunque el hombre se eleva inmensamente sobre los demás animales siendo el único ser moral i dotado de razón, capaz de un perfeccionamiento creativo en las artes, las ciencias, las instituciones sociales, etc., aún su físico se ha de considerar como el más perfecto que en todos los animales. El hombre es el único animal destinado a andar parado, como lo prueba la pelvis ancha, la longitud de las extremidades inferiores que se extienden en línea recta, la inserción del pie, la posición de la cabeza en la columna vertebral, etc. Ni el mono más parecido al hombre es capaz de andar parado por mucho tiempo”* (Philippi, 1877, pág. 30). Las ideas religiosas de Rodolfo A. Philippi quedan claras en la tercera página del libro, donde plantea que la Historia Natural *“nos revela al Hacedor Supremo en sus obras milagrosas”*. Rodolfo A. Philippi fue un creacionista, defensor de la idea de un origen divino de los seres vivos (Santier Saint Gabriel, 1923, pág. 32-33; Gunckel, 1970, pág.6). En una publicación posterior, *“Los fósiles terciarios y cuartarios de Chile”*, Philippi plantea aparentemente cierta posición catastrofista: *“Ha habido un cambio brusco en la fauna; no hai el menor indicio de una transición paulatina de los moluscos chilenos de la época terciaria a la actual. Este hecho, que mis listas ponen en duda, no milita a favor de aquellos jeólogos que quieren explicar los trastornos que observan en la costra terrestre por cambios lentos y paulatinos”* (Philippi, 1887, pág. 248).

No obstante, manifiesta el historiador Diego Barros Arana (1904, página 146): *“Apenas publicado su libro, se desató contra él en la prensa conservadora i relijiosa una guerra implacable de dicterios i de ultrajes por haber sostenido, se decía, i por enseñar que el hombre provenía del mono”*. Luego, Barros Arana agrega (página 147): *“Sería vergonzoso el recordar las ofensas que se le prodigaron, pero no debemos omitir que se le daba el apodo de “ignorante”, al lado de otros contra su dignidad de sabio i de profesor, i hasta contra su figura física. I aquellos ultrajes se repitieron con tanta obstinación que el común de las jentes que nunca habían oído hablar del sabio naturalista don Rodolfo Amando Philippi, conoció a éste de nombre i de fama por creérsele autor o sustentador de la teoría del hombre mono, que jamás había proclamado o defendido”*. En una polémica con el Dr. Philippi, la *Revista Católica* manifestaba estar de acuerdo *“en que los libros sagrados no pueden considerarse como un compendio científico... Por eso cuando Moisés nos describe en el Génesis las magnificencias de la Creación de la naturaleza... su objeto no ha sido otro sino manifestar al hombre que debe adoración i Gratiitud al Creador del Universo, que es su propio Creador; pero de ninguna manera exponer un sistema de Astronomía, Jeología o Historia Natural”* (Revista Católica 1258:227, 9 agosto 1873).

## 14.2. Los primeros textos de estudio chilenos relativos al Evolucionismo: Otto Bürger y Bernardino Quijada

En 1902, bajo la presidencia de Germán Riesco Errázuriz (1854-1916), de la Alianza Liberal, se editaron los primeros textos de estudio íntegramente dedicados a este tema: “*Teoría de la evolución*” de Otto Bürger (1865-?), “*La Teoría de la Evolución*”, de Federico Johow Biehler (1859-1933) y “*La Teoría de la Evolución*” (en su portada inicial) o “*La teoría biológica de la evolución natural de los seres vivientes*” (en su portada interna), de Bernardino Quijada Burr (1875-1932), profesor de Estado en Ciencias Naturales. En un subtítulo se indicaba “*texto para la enseñanza de la biología en el sexto año de humanidades*”.

Otto Bürger era profesor de Zoología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile. Se trataba de uno de los tantos profesores alemanes contratados por José Abelardo Núñez, y según Godoy (1982, pág. 424), regresó a su país, donde publicó un “libro feroz” contra Chile. De acuerdo con lo señalado en una “Advertencia” inicial, su texto sobre Evolución correspondía a un extracto de las clases que realizó sobre el tema el profesor Bürger durante 1891 a 1900, en la Universidad Prusiana de Göttingen. Está organizado en una Primera Parte denominada “*El Darwinismo o la Teoría de la Selección*” y una Segunda Parte sobre “*El Transformismo o la Teoría de la Descendencia*”. La Primera Parte incluye los capítulos: Introducción histórica, La selección artificial, La selección natural, Adaptaciones especiales como resultado de la selección natural, El origen de los instintos mediante la selección natural, La selección sexual, Uso y desuso, Influencia de la distribución geográfica, Influencia del medio ambiente, Influencia de la hibridación, La tendencia innata a complicarse, El origen de la edificación interna del organismo. Los capítulos de la Segunda Parte son: El desarrollo filogenético de los organismos, Pruebas en pro de la teoría de la descendencia, El desarrollo filogenético de los mamíferos, El hombre, Mirada retrospectiva y expectativas.

Llama la atención que Otto Bürger manifieste en su libro dudas respecto a la realidad de la herencia de los caracteres adquiridos: “*También faltan pruebas seguras en los animales i el hombre de que sean heredables los caracteres adquiridos por el individuo... Nunca se ha observado con seguridad que una cicatriz dejada por una herida, haya sido heredada*” (pág. 49); “*El conocimiento de que los caracteres adquiridos no son heredables, según parece, ha limitado aún más esencialmente la teoría de Lamarck que lo que ya lo había hecho la doctrina de la selección natural de Darwin*” (pág. 50).

En cambio, doce años después Bernardino Quijada (1914, pág. 75) no dudaba acerca de la realidad de dicho mecanismo, y Carlos Silva Figueroa aceptaba las explicaciones lamarquistas cuando habían pasado 38 años desde la publicación del texto de Bürger (Silva Figueroa, 1940 pág. 186). La explicación más razonable es que Otto Bürger, que había enseñado evolución entre 1891 y 1900 en Alemania, estaba bien familiarizado con las obras de August Weismann (a quién cita), las que demostraron la inexistencia de la herencia de caracteres adquiridos. Las principales obras de Weismann se habían publicado en 1885 (*Die Kontinuität Des Keimplasmas als Grundlage einer theorie der Vererbung*) y 1896 (*Über Germinal-selektion*).

Respecto a la evolución humana, Otto Bürger expresa: *“Al fin de la Teoría de la descendencia debo acentuar mi conformidad con los testos de que el hombre pertenece al reino animal. Es el gran desarrollo de la inteligencia i especialmente la posesión de un lenguaje articulado lo que ha movido a los antiguos naturalistas a dar al hombre una posición fuera del reino animal. Pero sabemos hoy dia que también respecto a su espíritu el hombre se diferencia de los animales sólo por su mejor perfección”* (pág. 91); *“Los adversarios del darwinismo sostienen que el espíritu del hombre es algo especial. No hai tal, el espíritu se funda en el desarrollo de los hemisferios cerebrales, cuyo crecimiento progresivo lo podemos seguir en las diferentes clases de mamíferos”* (pág. 92). Por otra parte, acepta la existencia de una fuerza interna hacia la perfección: *“No hai duda que los organismos tienen en sí un principio al progreso, que cada especie está obligada a desarrollarse por ciertos progresos anteriores”*.

En 1905, Bernardino Quijada fue comisionado para perfeccionar sus estudios en Europa, y al regreso de su viaje, en diciembre de 1906, asumió el cargo de Jefe de la Sección Vertebrados del Museo Nacional de Historia Natural. En 1911 publicó una segunda edición de su libro. Se editaron 11 ediciones, la última, póstuma, en 1934 (Mostny, 1980). En sesión del 10 de julio de 1916, la Facultad de Humanidades acordó la aprobación universitaria en forma unánime de la serie de textos de Quijada, que en su conjunto formaban un *“Curso Completo de Ciencias Biológicas*. El Consejo de Instrucción Pública, previo informe favorable del Dr. Federico Johow Biehler (1859-1933), manifestó al Consejo de Instrucción Pública que estimaba digno de la aprobación universitaria de la colección. Como hemos señalado, el Dr. Federico Johow también había publicado un libro de estudio acerca del mismo tema en 1902. Por otra parte, había estudiado la flora de las Islas Juan Fernández y había hecho algunos alcances evolutivos en relación a su endemismo, los cuales fueron citados por Quijada en las sucesivas ediciones de su texto (por ejemplo, 1914, pág. 136; 1917, pág. 174; 1923, pág. 153; 1934, pág. 153).



El texto de Bernardino Quijada (1914) es decididamente evolucionista. Entrega un centenar de argumentos a favor del evolucionismo, en cambio no recoge ninguna objeción creacionistas. Para Quijada la evolución biológica está aceptada, solamente falta conocer su mecanismo: *“Conquista es, pues exclusiva de los tiempos modernos, en que los espíritus avanzados poco a poco llegan a convencerse de una evolución o transformación gradual de las especies; quedando sólo por resolver la cuestión del proceso que esta transformación sigue”* (Quijada, 1917, pág. 11 ). Este libro marcó un hito porque fue muy utilizado, consultado y discutido, polarizó rápidamente a entusiastas partidarios y a furibundos detractores de la evolución orgánica. En sus clases de Zoología Médica en la Universidad de Chile, el Dr. Juan Noé lo utilizaba ampliamente, como queda de manifiesto en el siguiente comentario de Quijada: *“Después de leer los “Apuntes de Zoología Médica tomados en clases del Prof. J. Noé” – recientemente publicados por los jóvenes estudiantes del 1.º año de la Escuela Médica – nos es grato dejar constancia en este punto del agrado con que hemos visto reproducidos en dicho libro, muchas de las frases particulares nuestras i aún páginas enteras del presente trabajo”* (Quijada, 1914, pág. 3; 1917, págs. 3-4.). Sin embargo, según el Dr. Ricardo Cruz-Coke, el profesor Juan Noé enseñaba que la Teoría de la evolución, *“no es más que una grandiosa hipótesis”* (Cruz-Coke, 1961, pág. 57).

El libro antievolucionista *“El transformismo darwiniano”* publicado en 1904 por Alfonso Gumucio surgió como respuesta a los textos de enseñanza sobre la evolución biológica que se habían publicado un par de años antes. Alfonso Gumucio escribe: *“A mediados del año 1902, don Bernardo Quijada Burr, profesor de la Escuela de Medicina, y don Otto Bürger, profesor del Instituto Nacional, dieron a la stampa, casi simultáneamente, sendos folletos en que explican y defienden el origen animal del hombre con el entusiasmo de los darwinistas más decididos. Legítimo es suponer que dichos profesores enseñan en la clase lo mismo que se han atrevido a estampar en letras de molde. Ahora bien, ¿a dónde podemos ir a parar si no se contrarresta la propaganda con que se están formando generaciones de materialistas?”* (Gumucio, 1904, prólogo, págs. v, vi).

Referiéndose al texto de Bernardino Quijada, en el periódico *“Las Últimas Noticias”*, Aníbal Celedón escribía el 5 de mayo de 1916: *“Es un libro que deben estudiar y leer no solamente los alumnos i profesores, sino toda persona culta, todo individuo que quiera saber la más importante de las leyes de la naturaleza... En consecuencia, el libro del señor Quijada debe encontrarse en todas partes, en todos los centros i especialmente en las sociedades obreras, que harto necesitan de esta cultura para desprenderse de una multitud de ideas i prejuicios i para tener un conocimiento exacto de las leyes de la naturaleza”*.

Por su parte, el sacerdote Alejandro Vicuña Pérez (1889-1966), profesor de idiomas y filosofía con estudios en la Universidad Gregoriana de Roma, replicó en conferencias dictadas en el Liceo de Aplicación entre 1916 y 1919. El ciclo comenzó en 1916, con el tema “*El Origen del Mundo*”. La segunda conferencia versó sobre “*El origen del Mundo y las Ciencias Naturales*”, y comenzó con las siguientes palabras: “*Os prometí en la conferencia pasada que hoy os traería la palabra de la Ciencia acerca de la formación de las cosas. Pues bien, jóvenes, perdonadme, no puedo cumplir mi promesa. La verdadera Ciencia, la madre de la verdad estable, y no de las teorías fantásticas y antojadizas, nada nos dice aún acerca de la formación del Mundo, fuera de lo que encontramos en la narración bíblica*” (Vicuña, 1919, pág. 36).

Al finalizar su tercera conferencia, “*El origen del mundo y la Biblia*”, el sacerdote Alejandro Vicuña Pérez expresó: “*Vosotros habéis notado seguramente un vacío en esta conferencia. ¿Por qué el conferenciante, diréis, hace caso omiso de la teoría de la Evolución, doctrina que ha apasionado los ánimos más serenos durante los últimos setenta años, que se enseña actualmente en todos los Liceos de la República, como la más acertada explicación de las diversas formas de la materia viviente, y que ha sido convertida por la impiedad en uno de los baluartes más poderosos contra la idea cristiana, sirviéndose de ella para negar todo lo que constituye la base del orden moral y religioso?*” (Vicuña, 1918, pág. 10). Luego agregó: “*Bien conozco, estimados jóvenes, la importancia que en nuestros Liceos se da a la teoría de la Evolución, y precisamente por eso no quiero yo tratar a la ligera un asunto en cuya explicación y apoyo vuestros profesores emplean largas horas....*”; “*Este Centro del Liceo de Aplicación podría organizar una conferencia de mayores proporciones de las que hemos tenido hasta el presente; podría invitar a ella a los alumnos de los cursos superiores de los otros Liceos de la capital, y yo, a quien habéis vosotros comprometido con vuestra benevolencia y cortesía, expondría los tropiezos insuperables que ha encontrado en su camino la doctrina de la Evolución*” (Vicuña, 1918, págs. 10-11).

En 1918, Alejandro Vicuña dictó las dos conferencias anunciadas sobre la Teoría de la Evolución, que fueron compaginadas en un texto de 70 páginas (Vicuña, 1918). En estas conferencias específicas sobre la Teoría de la Evolución, Alejandro Vicuña dijo: “*Me decido a bajar solo a la arena para rebatir las afirmaciones de la escuela evolucionista y demostrar que tal teoría, abandonada ya en los centros intelectuales europeos, debería también entre nosotros ocupar la situación histórica de las opiniones absurdas o por lo menos indemostrables*” (Vicuña, 1918, pág. 12).

Luego se refirió directamente al texto de Quijada: *“En el sexto año de humanidades de los Liceos de la República, como os decía en un momento atrás, se estudia con minuciosidad la teoría de la Evolución. El profesor del ramo se atiene en sus explicaciones al “Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de humanidades”, titulado “Teoría de la Evolución”, escrito por el profesor fiscal D. Bernardino Quijada. El fin de tal estudio es sin duda alguna imponer a los alumnos de una de las teorías científicas que más ha apasionado los ánimos en el siglo XIX. ¡Laudable objeto!. Pero tal teoría científica ha sido transformada por el Sr. Quijada, probablemente a impulsos de la misma ley evolucionista, en doctrina asentada e incontrovertible. ¡Triste evolución!. El Sr. Quijada no es un simple expositor de la hipótesis evolucionista; es su más ferviente apologista; de modo que en vez del modesto título con que encabeza su obra, “Teoría de la Evolución”, debiera colocarse este otro: “Defensa de la Evolución”. En su obra expone con tanto ingenio y entusiasmo las argumentos que favorecen la causa evolucionista como con flojedad y sin detalles los obstáculos insuperables que ha encontrado dicha teoría en el terreno de la experiencia. No es pues el Sr. Quijada juez científico que se pronuncia imparcialmente, sino el abogado que alega con fervor en pro de la Evolución...”* El Sr. Quijada moteja de absurdo todo lo que contradice la causa evolucionista y alaba con verdadero lirismo lo que a ella favorece” (Vicuña, 1918, págs. 12-13).

A Alejandro Vicuña replicó a su vez el crítico Eliodoro Astorquiza (1884-1934), a través de un periódico de Santiago (Astorquiza, 1919): *“El señor Vicuña es una especie de Quijada al revés. El profesor Huxley – citado por nuestro conferencista – se pregunta si la Teoría de la Evolución será confirmada por la experiencia de los siglos venideros, y se contesta que ni él ni nadie puede saberlo. Si Huxley pudiera leer al señor Vicuña, sabría a qué atenerse, pues éste nos asegura que, aún suponiendo que la evolución no fuera absurda en sí misma, es de todos modos “indemostrable”, tanto en el día de hoy como en los siglos de los siglos.”*

Más adelante agrega: *“Si un conferencista distinguido afirma que la Teoría de la Evolución está “abandonada”, otro conferenciante no menos distinguido nos afirmará que lo abandonado es la inmutabilidad de las especies. En efecto, un evolucionista yanqui, el padre Zahm, en su obra “La evolución y el Dogma”, sostiene que el hecho de la evolución en sí mismo, el hecho de que las especies no son invariables, no es casi controvertido por nadie: La discusión solo versa sobre la manera como se verifica la evolución y sobre sus causas, sobre si el que está en la razón es Lamarck o es Darwin, o los discípulos de éstos, o ninguno de ellos”.*

El crítico Eliodoro Astorquiza finaliza su comentario con las siguientes palabras: *“Y si el señor Vicuña, como lo espero, continúa profundizando las Ciencias, llegará sin duda, a un resultado muy importante: el de ponerse más económico de afirmaciones. Porque según parece – parodiando una frase célebre – poca Ciencia conduce al dogmatismo; mucha Ciencia aleja de él”*.

Aparentemente, el profesor Bernardino Quijada pertenecía a la francmasonería, por lo menos tenía fuertes y cordiales vínculos con miembros de la Orden. Por ejemplo, con Valentín Letelier, quien le escribió una carta en agradecimiento por el obsequio del libro. En esta carta, reproducida a partir de la cuarta edición (Quijada, 1917). Valentín Letelier opina: *“Respecto de la “Teoría de la Evolución”, sobre la cual conservo inédita una conferencia que dicte há más de 30 años, resumiendo las obras de Darwin, de Haeckel y de Lyell, creo espresar fielmente la verdad diciéndole que su opúsculo es la esposición más completa que se ha hecho en Chile. Pero no admiro tanto la ejecución de la obrita cuanto la valentía de su publicación. Cuando la avalancha de los arrivistas pretende derribar toda educación que no tenga carácter práctico i utilitario, es una inconcebible osadía presentarse a enseñar doctrinas cuyo conocimiento no da para vivir i que solo sirve para formar el criterio científico de la juventud, estirpando rancias i tontas preocupaciones de su espíritu”*. En una carta reproducida en su libro, Quijada recibe los agradecimientos de Edmundo Larenas, profesor del Liceo de Concepción, quien fue un conocido masón y uno de los fundadores de la Universidad de Concepción. Larenas escribe: *“He tenido el gusto de recibir el ejemplar que me ha enviado, de la tercera edición de su libro “La Teoría de la Evolución”. Lo he leído con todo el interés del amigo i compañero de tareas, i no puedo menos que felicitarlo por su trabajo: resultó bastante mejor que la segunda edición i trae novedades que talvez hacían falta en la obra. Para los profesores que como yo dan bastante desarrollo a esta parte del programa de sexto año – biología – es una obra inmejorable. Bastaría ella para llenar cumplidamente el programa, i sobrepasarle.”*

Un “pedagogo alemán” anónimo, identificado por las iniciales C. D. Z, publicó en 1919 el pequeño libro *“La agonía del Darwinismo”*, en el que escribe: *“Todo el móvil que ha impulsado al señor Quijada a escribir su texto ha sido para no ver, es decir, para no hacer ver a los estudiantes, en la naturaleza al parecer tan maravillosa, ningún plan sobrenatural trazado por un Ser Supremo Todopoderoso, que habría dotado a los animales y plantas de cualidades útiles a ellos... Cegado por su funesta preocupación de la tendencia de destruir en la juventud la fe y la convicción ineludible de la sana razón de que la naturaleza es la maravillosa obra de un Ser Supremo y Todopoderoso, el señor Quijada ha emprendido la ardua tarea de ir contra los principios lógicos de la razón y cerrar la vista ante la realidad palpable de los hechos”* (pág. 9).

La posición pro-evolucionista del profesor Bernardino Quijada es evidente. En la presentación de ambas posiciones filosóficas, escribe: *“Antes de entrar en el estudio detallado de las pruebas del transformismo, daremos a conocer las más importantes opiniones que, con anterioridad al gran Darwin, imperaban sobre el origen de las especies. Así resaltará la diferencia entre las Hipótesis de creación sobrenatural formuladas por Linneo y Cuvier i las Teorías de evolución natural de los más antiguos y célebres representantes de la Escuela Transformista (Lamarck y Geoffroy Saint Hilaire en Francia, Goethe en Alemania i Lyell en Inglaterra)”* (pág. 11). Nótese que al referirse a Darwin lo llama *“gran Darwin”* y mientras al creacionismo lo denomina *“hipótesis”*, al evolucionismo lo califica de *“teoría”*; menciona a dos creacionistas sin mayor calificativo y a cuatro evolucionistas predarwinianos como *“célebres”*, indicando que forman una Escuela. En la misma edición de 1914, califica al creacionismo de *“añeja teoría”* (pág. 12; en contraste, el evolucionismo es *“antiguo”*): *“El principal representante de tan añeja teoría que supone la Tierra poblada por seres que, idénticos desde la creación,...”*.

Alejandro Vicuña (1918, pág. 13) critica a Quijada por varias frases, y en su opinión *“este lenguaje y tan avanzadas afirmaciones nos hacen dudar, y con razón, del criterio científico del Sr. Quijada y considerarlo como un creyente evolucionista, para quien Darwin es su Dios y Haeckel su profeta”* (pág. 14). Las frases que selecciona Vicuña (de la edición de 1914, por sus páginas) son: *“Teoría añeja de la Biblia”* (pág. 12). Textualmente dice: *“El principal representante de tan añeja teoría que supone la Tierra poblada por seres que, idénticos desde la creación...”*, *“El mérito eterno de Darwin consiste en haber destruido la idea de un Ser Supremo Todopoderoso, dando a las maravillas de la naturaleza una explicación puramente mecánica”* (pág. 49). En este caso, la cita textual es: *“Tal es el mérito eterno de Darwin, haber dado a la adaptación de los seres, al parecer tan maravillosa, una explicación meramente mecánica, sin ver en la naturaleza ningún plan sobrenatural trazado por un Ser Supremo Todopoderoso, sino el efecto de causas naturales”*. *“Haeckel ha aumentado el número de pruebas indirectas que demuestran la certeza de la teoría transformista”* (pág. 91). La cita textual es: *“El naturalista alemán Ernesto Haekel, al que las Ciencias biológicas deben tan poderosos impulsos, ha aumentado el número de pruebas indirectas que demuestran la certeza de la teoría transformista”*. *“Es imposible no ver una evidente confirmación de la doctrina genealógica o teoría de la descendencia de las especies unas de otras”* (pág. 96). *“La inteligencia del hombre es producto del gran desarrollo de los hemisferios cerebrales”* (pág. 155). *“Un hecho de la morfología que debemos mencionar como pueba inequívoca de la descendencia animal del hombre, es la existencia de los órganos rudimentarios”* (pág. 157).

En la siguiente edición del mismo libro, la cuarta (1917), Bernardino Quijada modificó la presentación que hemos comentado de su libro, eliminó la confrontación, no hay una referencia directa al creacionismo. Suprimió el párrafo que en la edición de 1914 comenzaba: *“Antes de entrar en el estudio detallado de las pruebas del transformismo, daremos a conocer las más importantes opiniones que, con anterioridad al gran Darwin, imperaban sobre el origen de las especies. Así resaltará la diferencia entre las Hipótesis de creación sobrenatural formuladas por Linneo y Cuvier i las Teorías de evolución natural de los más antiguos y célebres representantes de la Escuela Transformista... “*. En su lugar, antes de *“Los más antiguos y célebres representantes....*, se lee: *“Esta idea de una evolución o desarrollo progresivo gradual de las especies, es un concepto filosófico muy antiguo i nunca ha invadido el terreno religioso ni jamás ha pretendido alterar el sentido de los libros sagrados, como se cree jeneralmente”* (Quijada 1917, pág. 9). A continuación se desarrollan las ideas de San Agustín y de Santo Tomás de Aquino, que son presentadas como un “evolucionismo creacionista” (pág. 10). A la frase comentada: *“Tal es el mérito eterno de Darwin, haber dado a la adaptación de los seres, al parecer tan maravillosa, una esplicación meramente mecánica, sin ver en la naturaleza ningún plan sobrenatural trazado por un Ser Supremo Todopoderoso, sino el efecto de causas naturales”*, se le agrega *“i visibles para todos”* (pág. 64). Sin embargo, se eliminó en las últimas ediciones, a partir de 1923.

La frase comentada de la edición de 1914, que decía: *“El principal representante de tan añeja teoría que supone la Tierra poblada por seres que, idénticos desde la creación...”*, en la edición de 1917 (pág. 13) se ha modificado como: *“El principal representante de tal antigua y tradicional teoría que supone...”*. En las últimas ediciones, a partir de 1923 (pág. 11) se simplifica como: *“El principal representante de esta teoría que supone la Tierra...”*. En la edición de 1917, en la presentación de las pruebas ontogenéticas, se mantuvo la referencia inicial sobre Ernst Haeckel (pág. 123), pero se eliminó la conclusión final (pág. 132) que en la edición anterior afirmaba *“es imposible no ver una evidente confirmación de la doctrina genealógica o teoría de la descendencia de las especies unas de otras”*. En las últimas ediciones, a partir de 1923 (págs. 119-125) se eliminó tanto la alusión inicial a Ernst Haeckel como la conclusión. En su lugar solamente se afirma: *“En todos estos casos existe, pues, el perfecto paralelismo entre la ontojenia y la filojenia”* (pág. 125). Las siguientes dos frases comentadas por Alejandro Vicuña también se han eliminado, porque ya no hay ninguna referencia a la evolución humana.

Sin duda, los cambios producidos en las nuevas ediciones del texto de Bernardino Quijada sobre la teoría de la evolución fueron consecuencia de las múltiples presiones, reclamos e incluso insultos provenientes de distintas fuentes. Hemos señalado que tras un informe favorable del Dr. Federico Johow, el Consejo de Instrucción Pública, a instancias de la Facultad de Humanidades, aprobó el uso como material escolar del “*Curso Completo de Ciencias Biológicas*” de Bernardino Quijada, que incluía el tomo referente a la evolución biológica. Sin embargo, algunos integrantes del Consejo y otras personas, protestaron por la inclusión de la evolución de la especie humana y por algunos dibujos relativos a la misma. En la tercera edición del texto (1914), en el capítulo titulado “Historia jenealógica de los organismos”, se incluía “el hombre” (páginas 155 a 165). Comenzaba el capítulo con las siguientes palabras: *“Basta recordar que el Hombre pertenece al orden de los Primados, junto con los Monos Catarrinos i Platirrinos, para comprender que con razón se le coloca sobre los demás Mamíferos, en la cúspide del reino animal, especialmente por el privilegio de su intelijencia, producto del gran desarrollo de los hemisferios cerebrales, i del lenguaje articulado, que es una de las adaptaciones más útiles de nuestra especie”*.

Entre las pruebas de la ascendencia del ser humano, Bernardino Quijada presentaba órganos rudimentarios y atavismos. En la figura 48 (pág. 158) ilustraba el torso desnudo de varias mujeres y un hombre con mamas o pezones adicionales rudimentarios, en la figura 49 (página 159) mostraba un niño desnudo de espaldas, desde la cintura hacia abajo, provisto de una cola de 10 centímetros, y la figura 50 (página 160), la cabeza cubierta completamente de pelo de Julia Pastrana, famosa por su hipertrichosis. Esta misma ilustración se reproducía en la portada del libro. El 4 de julio de 1916 la Facultad de Humanidades envió una nota al Dr. Federico Johow pidiéndole un nuevo informe detallado acerca del texto. El 23 de noviembre de 1917 el Dr. Johow envió el informe pedido, reproducido parcialmente por Quijada (1923 y ediciones siguientes, pág. 6). En él expresa: *“Desde el punto de vista meramente científico el testo del señor Quijada no merece, a mi juicio, una crítica desfavorable, si bien habría sido de desear que algunas de las enseñanzas en él contenidas se hubieran expresado en forma menos categórica, a fin de evitar que los niños tomen como verdades inamovibles, teorías que aún se discuten apasionadamente. Encuentro, sobre todo, justificadas las objeciones que algunos señores Consejeros i padres de familia han hecho contra ciertos pasajes i figuras del libro que se refieren a la especie humana; pero puedo comunicar a la Facultad que en una nueva edición del testo, publicada recientemente, han desaparecido todos esos pasajes i figuras, de manera que no veo motivos ya para negarle al autor la aprobación universitaria”*. A partir de la cuarta edición del texto (1917) se eliminó el texto relativo a “el hombre”, y la cabeza de Julia Pastrana que ilustraba la portada se reemplazó por el dibujo de el pez “pejetiras” (*Phyllopteryx eques*).

En 1913, el sacerdote y naturalista Felix Jaffuel, quien fue Rector del Colegio de los Sagrados Corazones de Valparaíso entre 1914 y 1917, publicó un libro sobre Zoología para uso de los estudiantes del Colegio de los Sagrados Corazones (Jaffuel, 1913). En su introducción al tema zoológico (pág. 6), se refiere al origen de las especies: *“Hasta estos últimos tiempos las especies habían sido consideradas como inmutables, y como a tales las tuvieron los grandes naturalistas, Linneo, Jussieu, Cuvier, etc. Para ellos las especies creadas primitivamente por Dios se han ido propagando a través de los siglos y han llegado hasta nuestros días con todas sus características primitivas... Naturalistas más recientes, llamados transformistas, y encabezados por Lamarck y sobre todo por Darwin, sostienen que todas las especies actuales, tanto los animales como los vegetales, provienen de 3 ó 4 especies primitivas, y aún de un tipo único tal vez. Estos tipos primitivos, creados por Dios, se han modificado en el transcurso de los siglos, bajo la influencia de los medios en que se han encontrado, lucha por la vida (struggle for life, de Darwin), selección natural, clima, alimentación, etc., hasta dar las especies actuales. Para ellos esta transformación de las especies no ha terminado aún, y su evolución, obra lenta pero incesante, ha de modificar con el tiempo todas las especies actuales. Esta segunda opinión, que tantos partidarios ha encontrado en la escuela atea, para la cual la creación de los tipos primordiales es obra del acaso, no es condenada por la sana filosofía ni por la Iglesia Católica, siempre que se admita la Creación por Dios de las especies primitivas. Con todo, el transformismo o evolución de las especies, no pasa de ser una mera hipótesis. Los transformistas no han podido hasta ahora enseñar ninguna transformación real y efectiva. ...Ahora, aplicada al hombre, esta teoría no tiene fundamento alguno y es del todo inadmisibile.... y es preciso repetir con la Biblia: “Dios hizo al hombre a su imagen y semejanza”.*

Algunos textos de ciencias publicados en esa época no se referían a la evolución biológica, pero la insinuaban. Por ejemplo, para la enseñanza de la Zoología se utilizaba un texto escrito por Alberto Meyer y Román Bonn en el que simplemente se describían diferentes especies de animales siguiendo un cierto orden taxonómico, sin que hiciese comentario alguno respecto a la evolución.

En 1921 se publicó una nueva edición, la número 13, en la que a diferencia de las ediciones previas, comenzó describiendo al “hombre (*Homo sapiens*)” y a continuación al orangután (Meyer y Bonn, 1921, págs. 2 y 5, respectivamente). En una nota comenta que orangután significa “hombre del bosque” y agrega “*El orangután es uno de los monos parecidos al hombre*”.



### 14.3. Surgen los textos de estudio antievolucionistas: E. Santier Saint Gabriel y Theo Drathen

En 1923 se publicó un nuevo texto de enseñanza sobre evolución, “*La evolución orgánica*”, de E. Santier Saint Gabriel. Aunque el libro no entrega información sobre su autor, se trata de un sacerdote católico porque incluye una nota de la Secretaría Arzobispal de Santiago de Chile autorizando su publicación. Como fue publicado por “La Gratitude Nacional”, seguramente fue sacerdote salesiano. El libro carece de prólogo y no se indica que esté destinado al uso de estudiantes, sin embargo claramente ese es su objetivo a juzgar por el desarrollo de su contenido. El libro de Santier Saint Gabriel (1923) es decididamente antievolucionista: “*Hechos claros que demuestran la descendencia de las especies orgánicas en el sentido de los evolucionistas, no hay ninguno*” (pág. 8). “*Siendo así, no es ciertamente pobreza intelectual rehusar fe ciega al evolucionismo, y pedirle pruebas de lo que afirma. Por otra parte, las muestras de la fijeza o estabilidad de las especies son, como se verá más adelante, clarísimas, siempre observables por quien tenga ojos. Luego no habrá dificultad en decidirse*” (pág. 9); “*Hasta ahora hemos examinado lo que hace la naturaleza orgánica y la futilidad de todos los argumentos que se traen a favor de la Evolución de las especies. Ya el lector podrá pesar la verdad de esta conclusión de I. H. Fabre: “Oh ingenua teoría (del transformismo), tan triunfante en los libros y tan estéril frente a los hechos!” (Souv. Entom. P. 74). Ya tenemos demostrado que la evolución no existe*” (pág. 169). Para explicar la masiva existencia de científicos evolucionistas, escribe: “*¿Por qué hay en el mundo tantos evolucionistas?. Es cierto que al lado de muchos sabios que son estabilistas, hay muchos que son evolucionistas. Las razones de este hecho hay que buscarlas en el tratado de la Lógica que estudia las múltiples causas, a veces profundamente misteriosas, de los errores u opiniones humanas*” (pág. 10).

Santier Saint Gabriel presenta argumentos evolucionistas y los rebate. Contiene unos 105 argumentos antievolucionistas. Contradice y ataca a Quijada, a quien cita 40 veces: “*El Sr. Quijada, haciéndose eco de los demás, escribe en la pág. 66 “Es cierto que ni la vida individual de un hombre, ni la de 3 o 4000 años de que tenemos documentos históricos, bastan para darse cuenta de las variaciones que constituyen el primer paso de la formación de una especie visiblemente determinada”. Luego la experiencia de la humanidad ha visto siempre la homogeneidad en la multiplicación de los vivientes, y nunca la evolución. ¿Cómo pueden entonces los evolucionistas hablar todavía de datos científicos, cuando pasan con tanto atrevimiento por encima de toda la historia*” (pág. 23). “*Aquí tenemos una prueba demasiado humillante de la poca honradez del mismo Hückel, del cual B. Quijada expresa un concepto tan honroso*” (pág. 61).

Agrega Santier Saint Gabriel: *“Los evolucionistas, para probar su teoría, traen (según lo dice el señor Quijada), también varios hechos de simbiosis... Pero digamos la verdad,: ¿qué tienen que ver estos hechos con el Evolucionismo?. Ni los que cambian los mosquitos por caballos pueden divisar aquí algo serio a favor de la descendencia de las especies! (págs. 111-112). “Y la tal Ciencia de este falsificador, alucinado e ignorante, cual fustigan y califican a Häckel los más renombrados sabios, es presentada a los estudiantes chilenos en un texto oficial, arreglado conforme a los programas de la enseñanza secundaria, aprobado por el Consejo de Instrucción Pública, como la más capital de las leyes de la evolución” (pág. 126).*

El objetivo principal del libro comentado es demostrar la inexistencia de la evolución y ratificar la intervención de un Ser Supremo en el origen de las especies, como se demuestra en las siguientes frases: *“No queremos acabar estas páginas, en las que se demuestra que la Evolución no existe en la realidad, sin consignar una importante observación y es: Cualquiera que sea el sistema de Evolucionismo que uno guste forjarse en su mente, siempre la razón le obligará a reconocer en el sistema, como factor imprescindible, la acción de un Ordenador soberano” (pág. 291).* En la última página contiene una nota con el encabezamiento de la Secretaría Arzobispal de Santiago de Chile, que expresa *“Certifico que, visto el informe del Censor nombrado, el Sr. Vicario General, Pbd. D. M. del Canto concedió licencia para la publicación del libro “La Evolución orgánica” por el Sr. E. Santier S. Gabriel”.* Firma la nota Manuel Larraín O., quien posteriormente fue Obispo de Talca.

En 1925 se editó otro texto, *“Compendio de la teoría de la Evolución Orgánica para el uso de colegios”*, de Theo Drathen (Drathen, 1925). No entrega mayores antecedentes en relación a su autor, que era un sacerdote alemán contratado por la Congregación del Verbo Divino para trabajar en el Liceo Alemán de Santiago (Liceo Alemán, 2001) y que llegó a ser Presidente de la Academia Chilena de Ciencias Naturales (Gunckel, 1958). En la última página del libro de Drathen se indica que está publicado *“con las debidas licencias”*, lo cual sugiere que al igual que el texto anterior, contó con la aprobación de un censor religioso. El libro de Theo Drathen comienza con una “Advertencia previa”, en la que se señala: *“En el último año de Biología se les exige a los alumnos en Humanidades los conocimientos elementales de la Teoría Evolutiva. Ya que no alcanzan a aprovechar los trabajos científicos alemanes, franceses e ingleses de estas materias, ni menos podrán discernir el valor lógico de los datos e hipótesis, en ellos depositados, existe la necesidad de proporcionales Compendios que traten esta cuestión con claridad, sobriedad y verdad” (Drathen, 1925, pág. 5).* Cumpliendo con estos propósitos, presenta alrededor de ocho conjuntos de argumentaciones evolucionistas con sus respectivas respuestas a favor del creacionismo fijista.

El texto de Theo Drathen contiene opiniones tales como: *“Ciertos hechos de algunas Ciencias nos inducen a concluir la Filogénesis, a suponerla. Lo que, de esta manera, se supone es: que al principio de la vida orgánica hubo menos especies y las que hubo tenían una organización más sencilla y las que hay actualmente descienden de aquellas”* (pág. 7). *“Resumiendo todos los conocimientos de los fósiles de que en este pequeño estudio podemos posesionarnos, llegamos a la convicción de que especies exclusivas de una época pueden ser descendientes transformadas de especies exclusivas de otra época anterior”* (pág. 49); *“La conclusión que se obtiene por la inspección de las dos premisas es la siguiente: Las especies orgánicas, en los períodos Paleontológicos probablemente se han transformado, multiplicado y perfeccionado. Esta afirmación es equivalente a la otra: La Evolución Orgánica es una hipótesis buena”* (pág. 50); *“Resumamos: Hay casos en que ciertos órganos de animales o plantas parecen sin función, mientras que en los antepasados de la especie tenían un destino fisiológico como concluimos por la comparación con tipos semejantes. Luego ha habido un cambio importante en la especie”* (pág. 98). *“Pero, cualquiera que lee atentamente los estudios de E. Wasmann sobre los huéspedes de hormigas y ve que en la familia de las Estafilínidas y en algunas otras del orden de los Coleópteros exista una especialización tan extrema y tan paralela a la de los mesoneros, admitirá, quizás, que estas familias, actualmente, están en plena Evolución, mientras que en otros tipos no se observa tanta variabilidad en nuestros tiempos”* (pág. 114). *“Añadimos un ejemplo que, como nos parece, muestra más que los mencionados, la fuerza del argumento para ponerse al lado de los otros indicios de la Evolución”* (pág. 124); *“Los indicios que hablan a favor del cambio de las especies son tantos que, si no por la fuerza persuasiva del uno y del otro, por lo menos por el acuerdo de tan gran número, se granjean fácilmente la adhesión de los Sabios. Es un hecho que la mayoría de los sabios modernos son partidarios de la opinión que la especie no es estable”* (pág. 143). Las opiniones de Theo Drathen en favor del fijismo son moderadas. Critica a un texto que defiende al fijismo: *““Como los anteriores, podríamos citar centenares de otros casos, que omito en obsequio de la brevedad” dice un libro nuevo que defiende el Fixismo, donde trata de los fósiles Primarios. Creo que es mucha exageración, como lo otro que sigue, que millares y millares de ejemplares intactos (del Reino Vegetal) procedentes desde los primeros terrenos de la Era Primaria nos atestiguan la más perfecta invariabilidad respecto de las especies actualmente subsistentes. En los primeros terrenos de la Era Primaria, apenas se ha hallado alguna especie vegetal y mucho menos una de las actuales. Del mismo modo, es falso lo que leemos en el libro: “atravesando millones de años, (desde el Paleozoico) hemos llegado hasta los tiempos actuales con miles de miles de especies que se han sorprendido al saber que sus semejantes existen inalterables en el día de hoy”, entendiendo el autor por “semejantes” los descendientes”*. (pág. 51).

A pesar de sus opiniones contrarias a ciertas afirmaciones fijistas, Theo Drathen manifiesta que la evolución orgánica es solo una suposición, no comprobada: *“Los biólogos modernos, en su gran mayoría, son Evolucionistas, q. d., se declaran en favor de la Evolución Orgánica. Esta evolución no se enseña, por parte de ellos, como una verdad científica, sino como una hipótesis”* (pág. 7). *“Todos los sabios concienzudos y, en ciertas ocasiones también los que son demasiado impelidos por su imaginación constructora, asientan, sin enredos, que la doctrina de la evolución Orgánica es una hipótesis, una suposición; y que está muy lejos de admitir el predicado de seguridad, de verdad científica, o de hecho comprobado, etc., el que muy a menudo lleva en los libros o folletos populares o en artículos “actuales” sobre algunos datos de esta Teoría”* (pág. 10). *“Como se ve, hablamos de la probabilidad de que goza la afirmación del Transformismo; y este carácter es el fundamento para formar hipótesis. La probabilidad no excluye la verdad de lo contrario; pero inclina la mente a adherirse a lo que se afirma”*. (pág. 10). *“En fin, acerca de la probabilidad “autoritativa” que puede inducir a la adhesión, podemos afirmar que, con excepción del profesor Dr. A. Fleischmann de Erlangen, la totalidad de los biólogos modernos está a favor de la Evolución Orgánica”* (pág. 11).

#### 14.4. Un nuevo autor y su texto evolucionista: Humberto Vivanco Mora

En 1930 se publicó un texto de enseñanza titulado *“Algunos aspectos interesantes de la Teoría de la Evolución”*, folleto escrito por Humberto Vivanco Mora (1901-?), profesor normalista y de Ciencias Biológicas, miembro de la Orden Masónica, que trabajó en la Escuela Normal de Chillán, y que entre 1941 y 1952 desempeñó varios cargos directivos en el Ministerio de Educación Pública de Chile. En una “Advertencia” preliminar, el autor manifiesta que se trata de resúmenes tomados de obras de autores reconocidos, cuya publicación solo *“obedece a la necesidad de hacer más clara y asimilable una materia que, como la que se refiere a la Ley Evolutiva, apasiona a veces demasiado”*. Y agrega: *“En las páginas que siguen encontrará el lector lo que más interesa conocer de la doctrina transformista, piedra angular en que descansa todo el edificio de la educación moderna”*. En 1933, al año siguiente al de la última edición del de Bernardino Quijada, se editó una nueva edición, que se tituló igual que el texto de Quijada (Vivanco Mora, 1933), y fue su continuador cronológicamente, por similitud de enfoque y contenidos y porque ambos fueron editados por *“Imprenta Universitaria”*, de Santiago. Al cumplirse otros tres años, la Editorial *“Barros Borgoño”* publicó un nuevo texto de Vivanco Mora, *“Elementos de Biología para el 6° año de Humanidades y la Teoría de la Evolución con la aprobación ministerial”*.

De acuerdo con su contenido, y a pesar de las diferencias de títulos o editoriales, los tres textos de Humberto Vivanco Mora pueden considerarse válidamente como ediciones sucesivas de un mismo libro. El primero de ellos lleva en su portada como título “*Algunos aspectos interesantes de la Teoría de la Evolución*”, pero en su primera página el título cambia por “*Teoría de la Evolución*”, igual nombre que el texto de 1933. En la primera página de la edición de 1936 se cambió el título de la portada (“*Elementos de Biología para el 6° año de Humanidades y la Teoría de la Evolución con la aprobación ministerial*”) por el de “*Elementos de Biología. La Teoría de la Evolución*” y formalmente pasó a ser la “*Segunda Edición, corregida y aumentada y en todo conforme al programa vigente*” de “*La Teoría de la Evolución*”, de acuerdo a lo señalado en los prólogos a la primera y a la segunda edición, ambos reproducidos en el inicio del libro. Curiosamente en ambos prólogos se menciona solamente a la teoría de la Evolución, aunque los cuatro primeros capítulos de esta nueva edición corresponden a “*Elementos de Biología*”: “citología general”, “fecundación y desarrollo”, “el fenómeno de la herencia”, “histología”, aunque por otra parte en la bibliografía (pág. 221) se incluye a “Vivanco. *La Teoría de la Evolución*” (!).

Humberto Vivanco Mora manifiesta que la evolución biológica está aceptada por los biólogos: “*Antes de presentar un bosquejo esquemático de las pruebas que tan firmemente han convencido a los zoólogos y botánicos de que la Teoría de la Evolución es verdadera...*” (1936, pág. 125). Sin embargo, reconoce que existen detractores: “*...en estos precisos tiempos de gran desarrollo y desenvolvimiento científico, no es raro encontrar espíritus inteligentes que, o influenciados por estrecha ortodoxia religiosa, o por otros motivos, rechazan de plano el principio evolucionista...*” (1936, pág. 87). En esta última edición (Vivanco Mora, 1936) se encuentran unos 23 argumentos o pruebas a favor del evolucionismo. Al igual que en el texto de Bernardino Quijada, no se mencionan ni discuten las objeciones fijistas a los mismos. Sin embargo, Humberto Vivanco Mora expresa: “*Lejos de nuestra intención debe estar siempre el afán de admitir sin previo examen crítico las razones que en pro o en contra del principio evolucionista se nos ofrezcan, de ahí que, aún cuando admitamos por completo todo lo que aquí hemos expuesto, debemos, sin embargo, guardarnos de erigir la Evolución como un dogma sagrado que nadie haya de atreverse a criticar o poner en duda. No olvidemos que el mismo Darwin fue prudentísimo en teorizar, y por ello no llevó prejuicios a la Ciencia, y que Huxley ha dicho, con muchísima razón, que ésta se suicida cuando adopta un credo*” (págs. 208-209).

## 14.5. Nuevos textos antievolucionistas: Valentín Panzarasa y Guillermo Ebel

El año 1933 se editó otro texto sobre evolución biológica para el uso de los colegios: *“La evolución orgánica: exposición y examen de las principales ideas evolucionistas”*, de Valentín Panzarasa. No solamente el título es similar al libro de E. Santier Saint Gabriel, su contenido es muy parecido (muchos pasajes idénticos), está impreso en la misma Escuela Tipográfica, y mantiene la misma crítica agresiva contra el texto de Quijada. En la primera página se indica que se trata de una *“segunda edición revisada”*. Dado que no hemos encontrado indicios de una edición previa, es probable que se considere como una segunda edición del texto de Santier, con modificaciones relativamente menores y desarrollada en menos páginas. Al comienzo de este libro, se entrega una advertencia: *“En ciertos textos de Ciencia Natural y en algunos ambientes escolares se habla de la Evolución Orgánica como de una teoría ya establecida y plenamente demostrada. Creemos conveniente para nuestra juventud exponer en este librito lo que hay de verdad en materia de Evolución, de tal manera que los jóvenes por sí solos se formen juicio y criterio”* (Panzarasa, 1933, pág. 7). La comparación entre evolución y fijeza de las especies se realiza en los siguientes términos (pág. 11): *“Llámase evolución filogenética, o simplemente Evolución, el supuesto proceso de crecimiento y perfección siempre en aumento, por el cual de uno o bien de unos pocos tipos imperfectos o primordiales, han derivado todas las especies de plantas y animales que conocemos...”* *“Llámase fijeza de las especies, la Ley por la cual un viviente vegetal o animal, al prolongar su existencia sobre el globo por medio de la generación conserva inmutados e inmutables sus caracteres fundamentales (específicos)”*. Nótese que en estas definiciones la evolución biológica es un “supuesto proceso” y la fijeza de las especies una “Ley”.

El contenido antirreligioso que Valentín Panzarasa atribuye al evolucionismo, queda claro en la siguiente frase: *“Cuando los amigos de la verdad y de la verdadera Ciencia acosaban a Haeckel echándole en cara sus imprudentes falsificaciones (de las que hablaremos más adelante), perpetradas para cohonestar de alguna manera su pretendido monismo, por toda respuesta (muy anticientífica), les gritaba que eran unos papistas, unos jesuitas y unos frailes, incapaces de tener las ideas nobles y elevadas del Transformismo. Pero eso ya pasó”* (pág. 15). Al finalizar el libro (pág. 260) concluye: *“Después del examen que hemos hecho de las pretendidas pruebas del Evolucionismo y de los distintos hipotéticos factores que lo promovería, podemos notar con Agassiz, que no son los hechos que apelan la Teoría de la Evolución, sino que la teoría es preconcebida, y después por todas partes penosamente elaborada para que se adapte a los hechos”*.

Valentín Panzarasa fue un sacerdote salesiano, destacado por haber sido amigo y confesor de quien fue posteriormente Cardenal, Raúl Silva Henríquez (<http://www.bibliotecas.uchile.cl/docushare/dscgi/ds.py/GetRepr/File-1032/html>; [www.lasegunda.com/Especiales/series\\_gonzalo\\_vial/\(SUPSILVAHENRIQUEZ\).pdf](http://www.lasegunda.com/Especiales/series_gonzalo_vial/(SUPSILVAHENRIQUEZ).pdf)).

En 1935, el programa oficial de Biología para el sexto año de Humanidades incluyó contenidos de evolución y de genética bajo el nombre de *“Temas de Biología General”*. Al año siguiente se publicó el libro *“Temas de Biología General. Conforme al programa de 1935”*, del sacerdote jesuita Guillermo Ebel Beiler (1884-1964). Su posición es decididamente antievolucionista. En su texto, Guillermo Ebel (1936) cita con frecuencia a Quijada con objeto de desmentirle, para lo cual cita a menudo a Santier Saint Gabriel. Presenta un título llamado *“3. Crítica de esta definición, según Quijada”* (pág. 10), y luego le siguen *“4. Refutación de la crítica del señor Quijada, por Santier Saint Gabriel, siguiendo los incisos A, B, C, D”* (pág. 17), *“Concepto de especie orgánica (según Santier Saint Gabriel)”* (pág. 19), *“6. Aclaraciones a la definición de especie real (Según Santier Saint Gabriel)”* (pág. 22). También extrae material del libro de Drathen, como se reconoce en la siguiente frase: *“El P. Teodoro Drathen en su obra Compendio de la Teoría de la Evolución orgánica saca de los libros de Zittel, Koken, Neumayr y Kaiser los siguientes resultados”*. En la introducción del texto, el autor advierte que *“El libro está escrito con un criterio recto, libre de prejuicios y con profundidad científica”*. Sigue un esquema similar al de Santier Saint Gabriel, presentando los argumentos evolucionistas y luego entregando las respuestas fijistas. Respecto al Creacionismo, Guillermo Ebel opina: *“Creacionismo- No se opone al transformismo, ya que esta hipótesis transformista no puede explicar la primera aparición de los seres vivientes, de modo que evite la creación, puesto que la generación espontánea repugna científicamente. Aunque unas especies vivientes hayan procedido de otras, no se sigue que las primeras o por lo menos la materia inorgánica de la cual provendrían en último término, no haya sido creada por Dios”* (págs. 116-117).

El profesor Bernardino Quijada Burr había fallecido en 1932. La última edición de su *“Teoría de la Evolución”* se publicó en 1934, en cambio sus textos de zoología, de higiene y de botánica siguieron publicándose por lo menos hasta 1959. Llama la atención que la editorial que publicó a estos últimos en forma póstuma, Nascimento, formó un *“Curso de Ciencias Naturales”* con los textos de Quijada de primer ciclo y los de Guillermo Ebel para el segundo ciclo, como puede comprobarse en la contratapa del libro de Guillermo Ebel o en la contratapa del libro de botánica de Quijada (1959). En otras palabras, para el sexto año de humanidades, a partir del año 1936, el libro evolucionista de Quijada fue reemplazado por el antievolucionista de Ebel.

#### 14.6. Carlos Silva Figueroa, continuador de Quijada y de Vivanco Mora

En 1936 apareció la primera edición del texto “*Biología e Higiene*”, del cual se editaron 12 ediciones o reimpressiones, hasta 1957. Su autor, Carlos Silva Figueroa (1883-1967), fue profesor de Ciencias Naturales en diferentes centros educacionales y rector del Liceo de Aplicación. Al igual que Bernardino Quijada, se había desempeñado en el Museo Nacional de Historia Natural, como Jefe de la Sección Aracnología e Insectos dañinos (1912) y encargado de la Sección de Entomología, entre 1913 y 1923 (Mostny, 1980). El libro de Silva Figueroa es el continuador de los textos previos de Bernardino Quijada y Humberto Vivanco Mora, también editados por la Imprenta Universitaria. En el prólogo de su texto, Carlos Silva Figueroa manifiesta: “*Me place declarar que he presentado honradamente las materias científicas aludidas de acuerdo con mi criterio y larga experiencia en la enseñanza de este ramo, sin fijarme en si iba o no contra ésta o aquélla teoría o doctrina filosófica, a favor o en contra del vitalismo, del materialismo o de cualquier tendencia dogmática cuyos estrechos y rígidos moldes no se avienen con la amplia y necesaria plasticidad del espíritu científico*” (1940, pág. 3).

El programa oficial de Biología para sexto humanidades de 1940 contemplaba el “creacionismo”, tal como aspiran actualmente los fundamentalistas con sus demandas de “tiempo igual para la Ciencia de la creación”. Obedeciendo al programa oficial, Carlos Silva Figueroa presenta al creacionismo como una hipótesis: “*Todo lo dicho al respecto puede resumirse en dos hipótesis, cada una de las cuales cuenta a su favor con ardorosos y convencidos partidarios, a saber: el creacionismo y el evolucionismo*” (Silva, 1936, pág. 55; 1940, pág. 170). En una nota a pie de página (Silva, 1936, págs. 157-158; 1940, págs. 172-173) anota: “*Al desarrollar estas materias, téngase presente que el programa establece reducir el estudio del evolucionismo sólo a aquellas cuestiones fundamentales y sobre las que se haya pronunciado ya la Ciencia. Esto obliga al autor a mantenerse en un plano de suma discreción e imparcialidad al exponer las ideas filosóficas y los hechos científicos que les sirven de base junto con las críticas que se han suscitado, debido a los puntos débiles o difícilmente demostrables que ellas tienen y a la falta de una serie de hechos del todo convincentes en favor de una u otra teoría*”. Por otra parte, parece inclinarse a favor del creacionismo en relación al origen de la vida: “*En cuanto al origen de las formas específicas más sencillas, o sea, al origen de la vida, los evolucionistas no encuentran una explicación científica adecuada*” (1936:156-157; 1940, pág. 171-172).



#### 14.7. Décadas de 1950-1960: nuevos textos, nuevos autores

En la década de 1950 se continuaron utilizando los textos de Guillermo Ebel y Carlos Silva Figueroa, en nuevas ediciones: “*Biología general, higiene y temas de Biología conforme al programa vigente. Sexto Humanidades*”, de Ebel (1952), y “*Biología e higiene. 6° año*”, de Carlos Silva Figueroa (con reimpressiones en los años 1951, 1952, 1953 y 1957).

Durante esta década, surgieron además los textos de Alejandro Horvat Suppi y Carlos Weiss Rademacher, de los que se han producido sucesivas ediciones actualizadas y que se mantienen aún vigentes. El texto de estudio para sexto humanidades, y luego para cuarto medio, de Alejandro Horvat Suppi y Carlos Weiss Rademacher se llama “*Nociones de Biología*”, lleva doce ediciones, la última de 1989. Fue inicialmente impreso en La Gratitude Nacional, luego por medio de la Editorial Salesiana. Alejandro Horvat falleció en 1997.

Carlos Weiss y Alejandro Horvat tratan de mantener una posición neutral en el conflicto evolucionismo-fijismo, pero las primeras ediciones de su texto son pro-fijistas, como se aprecia en el siguiente párrafo: “*Es efectivo que el Evolucionismo cuenta actualmente entre los Naturalistas con mayor número de adeptos que el fijismo. ¿Se puede entonces, afirmar que éste dejó de ser científico, y que ya no tiene sino interés histórico?. En el estado actual de los conocimientos al respecto, de ningún modo el fijismo es anticientífico, antes bien, por ahora, no obstante tantos argumentos que insinúan vivamente el Evolucionismo, los argumentos que militan en pro del Fijismo, son más fuertes que los contrarios*” (1960, pág. 229). Aceptando que el evolucionismo cuenta con muchos más partidarios, afirman que no es incompatible con el Creacionismo: “*Lecomte du Nuy (El destino humano) afirma que hoy es casi imposible no ser evolucionista, pero que la Evolución es imposible sin la intervención de Dios*” (pág. 226).

En 1979, Alejandro Horvat y Carlos Weiss aceptan al evolucionismo: “*Habiendo el evolucionismo sacudido tan vivamente el mundo científico, nos interesa conocer algo más de su historia. Una serie de hechos en los diferentes campos de la Historia Natural sugieren insistentemente el Evolucionismo, admitido el cual, esos mismos hechos parecen más fácilmente explicables*” (pág. 170); “*Los hechos anteriormente enumerados son por todos reconocidos y es natural que despierten en el ánimo del hombre de estudio la inquietud de una explicación. Entre los naturalistas ha predominado la convicción de que serían mejor explicables admitiendo la Evolución*” (pág. 189).

En 1989, Alejandro Horvat y Carlos Weiss reconocen que las posiciones antievolucionistas predominaron sólo hasta el siglo XVIII: *“El Fixismo. Históricamente predominó hasta el siglo XVIII la idea de la Naturaleza creada en un orden perfecto e inmutable. Era el tiempo del fijismo o fixismo.”* (pág. 105); *“La idea de que el Universo y el mundo viviente no están hechos, sino que se hallan en continuo proceso de cambios y estructuración, se hizo paulatinamente presente hasta predominar en el mundo científico”* (pág. 106). De manera que en esta edición ya no dudan de la evolución de las especies: *“Podemos afirmar que de la organización simple se llegó a la extensa diversidad de la Naturaleza mediante la evolución, precisamente por la unidad de la vida, que no es simplemente un modo de ser, sino que implica dinamismo y un devenir”* (pág. 106).

En estos libros (Weiss y Horvat, 1960; Horvat y Weiss, 1979, 1989), sus autores son presentados modestamente como Licenciado en Filosofía y Educación (Horvat) y como Profesor de Biología y Química e Ingeniero Agrónomo (Weiss). Sin embargo, en la presentación del texto *“Evolución”* (Horvat, 1984, pág. 9), nos podemos enterar que además *“Alejandro Horvat Suppi es una autoridad moral eclesiástica y científica de la Universidad Católica de Valparaíso. Nacido en la entonces Yugoslavia, vivió desde su adolescencia en Italia cumpliendo su temprano compromiso con el sacerdocio y su intención de servir a sus semejantes. Como sacerdote de la Congregación Salesiana llegó a Chile a principio de los años treinta, realizando estudios de Filosofía y Pedagogía, los que continuó en la Universidad Católica de Valparaíso, donde obtuvo el grado de licenciado en Filosofía y Educación con Mención en Biología”*. En la misma Introducción se agrega que *“Su deseo de entregar formación a la juventud se ha manifestado de muchas formas, siendo la más conocida su texto de Biología General que junto a su colega de Congregación R. P. Carlos Weiss, hicieron hito a nivel nacional en la Educación Media de las décadas del 60 y 70”* (pág. 10).

Durante la década de 1960 se renovaron los autores de los textos de Ciencias Naturales y Biología en Chile. Vicente Pérez D’Angello (1931-), profesor de Biología y Química del Colegio Inglés “The Grange” y del Liceo de Hombres número 7 de Santiago, publicó entre 1961 y 1965 varios textos de Botánica y Zoología y de Ciencias. Entre 1964 y 1971 Pérez D’Angello ocupó el cargo de Jefe de la Sección Entomología del Museo Nacional de Historia Natural, que antiguamente había ocupado Carlos Silva Figueroa (Mostny, 1980). Los libros de Pérez D’Angello, sin embargo, abarcaron solamente los cursos de primero, segundo y tercero humanidades, por lo tanto no lograron cubrir el tema evolutivo.

El Fondo Editorial Educación Moderna editó simultáneamente libros de “*Ciencias*” para el séptimo año (correspondiente al antiguo primero humanidades) y para segundo y tercero humanidades, del profesor Luis Zavala V., y textos de “*Biología*” del profesor Fernando Jara Palacios, para cuarto, quinto y sexto humanidades. El 29 de enero de 1966 se dio a conocer el Nuevo Programa de Ciencias, correspondiente a la reforma educativa del Gobierno de Eduardo Frei Montalva. Los textos de Ciencias de Jara y de Zavala del año 1966 fueron los primeros publicados siguiendo el nuevo programa. El sexto año de humanidades pasó a ser cuarto año medio. El texto correspondiente a este nivel, de Fernando Jara (1966, 1969), profesor de Biología y Química del Saint George’s College, incluye contenidos acerca de los niveles de organización de los seres vivos, Biología celular, reproducción, genética, evolución y taxonomía. En la Quinta Unidad (“*Origen de las especies y clasificación general de los seres vivos*”) los temas que trata son: concepto de especie, variaciones, transformismo y filogenia humana. En abril de 1969 se imprimió una “segunda edición” de este texto, que en realidad corresponde a una simple reimpresión, sin más cambio que el desplazamiento en la numeración de las páginas por haberse eliminado una presentación preliminar.

De la lectura del texto del profesor Fernando Jara (1966, 1969), profundamente católico, se deduce que la evolución es aceptada por los científicos por algunas frases: “*La subordinación de los caracteres es una idea utilizada frecuentemente por los paleontólogos modernos, que como sabemos apoyan abiertamente la evolución de los sistemas vivientes*” (1969, pág. 170). En las páginas 179-180 de su texto, al referirse al concepto moderno de evolución, entrega frases como las siguientes: “*Actualmente se acepta que la evolución es el resultado de tres factores principales*”, “*El mecanismo de la selección natural actúa, como ya hemos destacado, poniendo a prueba las nuevas variaciones genéticas*”. Además, en la página 173 manifiesta: “*A pesar de las críticas que se hacen a Darwin, es necesario reconocer el extraordinario aporte del cientista que permitió aclarar y fundamentar el actual concepto de evolución*”.

Sin embargo, el profesor Fernando Jara parece avalar también al antievolucionismo como una posición científica. Explica como “principales teorías científicas” las posiciones fixistas y las evolucionistas (1969, pág. 169-170). Respecto al concepto de evolución, dice: “*La evolución propone que, a través de los años, se han producido cambios en las especies, llegando a transformarse unas en otras. La posición antagónica es el fixismo que supone la invariabilidad de las especies, las cuales se habrían mantenido estacionarias desde que aparecieron sobre el planeta*” (1969, pág. 163).

Bajo el título “Principales teorías científicas, Fernando Jara explica las “posiciones fixistas” de Carl von Linné y Georges Cuvier y las “posiciones evolucionistas de Georges-Louis Leclerc conde de Buffon, Jean Monet caballero de Lamarck, Charles Darwin y Hugo De Vries. Curiosamente desarrolla las “objeciones a los postulados lamarckianos” y las “objeciones a los postulados darwinianos” (1969, págs. 169-174), pero no plantea equitativamente objeciones a los postulados linneanos o cuvieranos.

En el tratamiento del origen de la vida y el origen del ser humano, Fernando Jara plantea ideas claramente religiosas, ajenas a la Biología. Dice que en nuestros días se plantean tres hipótesis principales en relación con la aparición de los seres vivos: panspermia, generación espontánea y creación (1969, pág. 162). A continuación manifiesta que la panspermia solamente traslada el problema sin resolverlo, que la generación espontánea “pretérita” ha sido desechada y que la generación espontánea “contemporánea” tiene una remota posibilidad, refiriéndose aquí supuestamente a las ideas de Oparin y Haldane, que contradictoriamente ha expuesto previamente con cierto detalle, manifestando que *“investigaciones semejantes han confirmado la aparición de las primeras manifestaciones de vida en el medio acuático, bajo la influencia de los rayos solares, 1969, pág. 159.* finalmente expone la Creación: *“Supone la existencia de una causa primera, ordenadora y superior con indudable naturaleza divina. Dios habría organizado los constituyentes de la materia, hasta llegar a formar los primeros sistemas vivos.”* Luego agrega: *“Existe una infinidad de argumentaciones filosóficas, teológicas y aún biológicas que apoyan la creación como el mecanismo esencial que explicaría la aparición de la vida sobre el planeta. En este caso particular hay que considerar otros antecedentes, tales como la formación intelectual y la fe, que forman una filosofía para explicar la problemática de la aparición de las especies. Esta teoría es aceptada principalmente en Occidente, donde predominan pueblos de fe cristiana, o de formación deísta”.* Respecto al origen del ser humano, Fernando Jara manifiesta que *“a la luz de los conocimientos actuales de evolución, parece lógico incluir al hombre, como resultado de un proceso evolutivo, descendiendo de seres no humanos propiamente tales. Esta idea ha sido aceptada por la gran mayoría de los investigadores, existiendo divergencias acerca del modo como ha procedido la filogenia humana”* (1969, pág. 174). Pero a continuación aclara: *“El hombre está formado por la unión sustancial de cuerpo y alma, esta última no puede ser considerada como sujeta a evolución, en el sentido que hemos definido el término; de tal manera a la Biología compete solamente el problema del cuerpo humano”.* El apartado de la evolución humana termina con las consideraciones previamente señaladas.

La posición del profesor Fernando Jara puede enmarcarse en el evolucionismo teísta. El Saint George's College, institución en que hacía clases, pertenece a la Congregación de Santa Cruz. Algunos de los párrafos de su libro pudiesen hacer presumir que el Sr. Jara pudiese ser un sacerdote católico, como muchos de los autores de textos de Biología para los niveles superiores de la enseñanza media: *“Muchos seguidores de Darwin, deseando contradecir el sistema religioso que se basa en una idea de “Dios Creador y Providente” han exagerado del pensamiento del sabio inglés y ese afán polemista – religioso o antirreligioso – ha entorpecido el estudio apasionante del hombre y el mundo, en su proceso evolutivo”* (1966, págs. 177-178; 1969, pág. 173-174). *“Es interesante destacar por último que la descendencia animal del hombre no se antepone de ninguna manera a la idea de Dios Creador, ya que el relato bíblico, escrito en sentido figurado, admite dicha posibilidad. Por lo demás, no interesa tanto la forma como fue creado el hombre sino la obra del Autor de la Creación. La discusión filosófica-religiosa sobre el origen y evolución del hombre, emana principalmente de un postulado esencial, la creencia en un ser infinitamente superior, Dios. Si el que discute no cree en la existencia de Dios será imposible, inútil, toda discusión. Si se admite la existencia de Dios como premisa base, cabe la discusión sobre el cómo ocurrió esa etapa de la creación que es el hombre. Aceptado, después, que Dios creó al hombre, ya cabe plenamente seguir la discusión para explicarse el plan divino del acto mismo de la aparición del hombre sobre la Tierra y la manera en que, a través del tiempo, ha llegado a lo que es hoy biológicamente. En verdad este tema corresponde a la filosofía, en su parte llamada Antropología filosófica”* (1966, pág. 182; 1969, pág. 178). La profesora Carmen Avaria, del Colegio Saint George, nos informó que Fernando Jara Palacios se tituló Profesor de Biología y Química en la Universidad Católica de Chile y que trabajó en el Colegio Saint George entre los años 1957 y 1971, falleciendo el 23 de Octubre de 1990.

#### 14.8. La eliminación de la biología evolutiva de los programas de estudio

A fines de la década de 1960, se incorporó la ecología y se eliminaron de los programas de enseñanza media la zoología sistemática, botánica sistemática, histología y el tema evolutivo. Evidentemente había que eliminar contenidos porque la Biología se había expandido mucho y los cursos estaban excesivamente recargados de contenidos. Sus características de Ciencias descriptivas alejadas de los intereses generales de las personas, pueden justificar, o al menos explicar, que se haya optado por eliminar la zoología sistemática, la botánica sistemática y la histología. Pero puede resultar sorprendente que mientras la unificación de la Biología a través del proyecto BSCS centraba la educación biológica en el tema evolutivo, simultáneamente la reforma en la enseñanza de la Biología en Chile lo eliminaba, a pesar de la clara influencia de dicho proyecto sobre tal reforma.

En el texto “*Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media*”, del profesor Luis Capurro Soto (1914-), publicado a partir de 1973, no hay ni siquiera una mención al concepto de la evolución biológica. En su introducción (“A los Profesores”) se señala que comprende “*los datos, conceptos, leyes y generalizaciones biológicas contempladas en los programas actualmente vigentes*” (Capurro, 1973, pág. 6), abarcando toda la enseñanza media. De dicho texto se realizaron al menos 12 ediciones (la duodécima edición data de julio de 1983) y fue declarado Material Didáctico Complementario o de Consulta de la Educación Chilena por el Ministerio de Educación (resolución 10.020 del 23 – 08-1977). El profesor Luis Capurro Soto fue uno de los responsables de la reforma en los programas de Biología, pues en ese tiempo trabajaba en el Centro de Perfeccionamiento del Ministerio de Educación de Chile, como se constata en su presentación como traductor de un texto editado en México el mismo año (Anderson y otros, 1973). No puede pensarse que la absolutamente nula referencia al proceso evolutivo en el texto de Capurro sea un simple *lapsus* (el tema de la evolución biológica desapareció de los textos durante varios años), ni que desconociera la importancia de la Biología evolutiva, porque el Señor Capurro había trabajado en 1959 en la división de “evolución biológica” del Centro de Investigaciones Zoológicas de la Universidad de Chile, como puede leerse en la contratapa de la revista *Investigaciones Zoológicas Chilenas*, publicación oficial del mencionado Centro, volumen 5, del 2-11-1959. En esa misma revista se publicaron tres de sus trabajos relativos a las relaciones evolutivas de anfibios (Capurro y Silva, 1959a, Capurro y Silva 1959b, Capurro y Silva 1959c). En enero de 1959 el profesor Luis Capurro desarrolló un Curso de Verano sobre Biología en la Pontificia Universidad Católica de Chile organizado en dos unidades: evolución biológica y citología. En el campo de la evolución biológica los contenidos considerados fueron: *conceptos biológicos modernos acerca de la evolución de los seres vivientes, hipótesis de cómo, dónde y cuándo se originó la vida, el hecho de la evolución, las teorías clásicas de la evolución, genética y evolución, formación de las especies, concepto actual de especies, la evolución del hombre* (P.U.C., 1959, pág. 39).

En los contenidos de genética del texto “*Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media*”, del profesor Luis Capurro Soto (1973) no se encuentra ninguna referencia a la genética de poblaciones. Paradojalmente, el mismo año el Consejo Nacional para la enseñanza de la Biología de México publicaba el texto “*Genética de Poblaciones*” traducido del inglés por Luis Capurro Soto, en cuya introducción se explicita que “*Este programa fue desarrollado para lograr la comprensión, por parte de los estudiantes, del tema Genética de Poblaciones, básico para entender el proceso de la Evolución Orgánica...*” (Anderson y otros, 1973).

Creemos que estas situaciones paradójales que rodean al cambio de contenidos en los programas de Biología hacia fines de la década de 1960 tienen una explicación simple. El Ministerio de Educación Pública había estado dirigido durante casi 30 años por profesores militantes en el Partido Radical, grupo político laico de corte socialdemócrata, muchos de ellos activos participantes en logias masónicas (como por ejemplo, en su tiempo, Humberto Vivanco Mora), pero al asumir el gobierno Eduardo Frei Montalva, estas autoridades educativas fueron reemplazadas por representantes del Partido Demócratacristiano, que tiene fuertes vínculos con la Iglesia Católica. Este partido político había surgido en 1957 a partir de la fusión de la Falange Nacional con el Partido Conservador Social Cristiano. No es necesario ser muy suspicaz para pensar que la eliminación de la evolución de los programas educativos bajo estas circunstancias pudo deberse a presiones de sectores religiosos ultraconservadores. Esta hipótesis gana credibilidad si consideramos que la evolución biológica estaba incluida inicialmente en los planes de la reforma educacional de Frei, pero se eliminó a fines de su gobierno, cuando se estimaba muy probable que el próximo presidente de Chile fuese Salvador Allende (como efectivamente sucedió), político socialista, marxista y masón, lo cual pudo decidir eliminar de los planes de estudio aquellas materias a las que pudiese darse una orientación ideológica antirreligiosa de parte de las nuevas autoridades educacionales.

El presidente Eduardo Frei Montalva (1911-1982), fundador del Partido Demócratacristiano, había tenido una gran participación en actividades de la Iglesia Católica; en su juventud se destacó en la Asociación de Estudiantes Católicos, fue Secretario General de la Acción Católica y participó en la Congregación Mariana de San Ignacio (Araneda, 1986, pág. 730). Cuando en 1990 se reinstauró la democracia en Chile, el presidente Patricio Aylwyn, demócratacristiano, nombró en el cargo de Director del Museo Nacional de Historia Natural al profesor Luis Capurro Soto (M.N.H.N. 1992, pág. 8).

La eliminación del tema “Evolución” de los programas de Biología de enseñanza media en Chile se mantuvo por casi 20 años. Por ejemplo, en 1979 se publicó un texto para ayudar a la preparación de la prueba específica de Biología, que se administra para la selección de ingreso a las Universidades Chilenas (Rojas, 1979). El libro señalado, autorizado por el Ministerio de Educación, cubre los contenidos de Biología de toda la enseñanza media y se distribuye en los siguientes temas: formulando un modelo de célula (1° medio), sistemas respiratorio, circulatorio, digestivo y excretor (2° medio), sistemas nervioso, endocrino, reproducción y desarrollo (3° medio) y genética, Biología molecular y ecología (4° medio). No hay referencias a la evolución biológica.

Entre las décadas de 1970 y 1990, tuvieron mucha aceptación los libros de los profesores Natalio Glavic y Graciela Ferrada, publicados inicialmente por las Ediciones Pedagógicas Chilenas, de la Librería francesa, y después por Dolmen Ediciones. Entre ellos, hay un texto con el mismo propósito y amplitud que el de Rojas, que se editó tres años después (Glavic y Ferrada, 1982). Las unidades de estudio consideradas son equivalentes a los del texto de Rojas: formulación de un modelo de célula, circulación de la materia en los organismos multicelulares, reproducción y desarrollo, correlación e integración funcional, genética y ecología. Acerca de la evolución biológica, nada.

Entre los libros publicados durante esta época, el único texto para enseñanza media que contiene una unidad sobre evolución (evidentemente al margen de los programas vigentes) es *“Nociones de Biología. 4º año de enseñanza media”*, de Horvat y Weiss (novena edición, de 1979). En este texto el contenido se reparte en cinco capítulos: parte introductoria (estructura físico-química de la materia viva, los principales niveles de organización de los seres vivos, el metabolismo), genética (mecanismo hereditario, mendelismo en el hombre), ecología (organización más allá del individuo, el sistema abiótico, el sistema biótico), evolución (concepto de especie, variaciones, evolución, filogenia humana) y breve reseña de la historia de la Biología.

Los sacerdotes Alejandro Horvat Suppi y Carlos Weiss R., que en las primeras ediciones de su libro tenían una posición fijista, aparecen en esta y en posteriores ediciones de este texto aceptando el evolucionismo (por supuesto, manteniendo una posición de evolucionismo teísta). Comentan: *“El cambio de la posición fijista a la idea evolucionista se ha verificado en muchos hombres de Ciencia. Merece recuerdo especial Jorge Luis Leclerc, Conde de Buffon....”* (pág. 169). *“Una serie de hechos en los diferentes campos de la Historia Natural sugieren insistentemente el Evolucionismo, admitido el cual, esos mismos hechos parecen más fácilmente explicables”* (pág. 170).

Alejandro Horvat y Carlos Weiss aclaran que las posiciones antagónicas son fijismo y evolucionismo, que no hay oposición entre creacionismo y evolucionismo, y que *“en este sentido se pueden interpretar las expresiones de S. Agustín y de Santo Tomás”* (pág. 166). Por otra parte, al igual que Drathen, se manifiestan opuestos a las ideas de Charles Darwin, sugiriendo que Darwin y Huxley hacia el final de sus días dudaron de la efectividad de la selección natural (pág. 197), aunque en el contexto de la teoría sintética se analiza el papel de la selección natural en el mecanismo evolutivo, incluso con el ejemplo del melanismo industrial (págs. 199-201).



La incorporación del tema evolutivo por sacerdotes, al margen de los programas oficiales y a pesar que el tema nunca fue del agrado de la Iglesia, tiene una explicación lógica: se trata de sacerdotes que aceptan la evolución, que se dan cuenta que las Ciencias biológicas son evolucionistas, que no se puede desconocer esa realidad, y por lo tanto es preferible enseñar a sus alumnos un evolucionismo teísta (como el que aparece en su texto) y no dejarlos desinformados, lo cual podría ser contraproducente, pues podrían adquirir este conocimiento por otras vías, con una interpretación antirreligiosa. Alejandro Horvat publicó posteriormente dos libros sobre el tema: *El hombre y la evolución* (Horvat, 1982) y *“Evolución”* (Horvat, 1984).

En 1984, la Universidad de Concepción publicó otro manual de preparación para la prueba de conocimientos específicos de Biología (Almonacid y Marín, 1984), que cubre todos los contenidos biológicos que se revisan durante la enseñanza media. Este texto contiene cinco capítulos: formulación de un modelo de célula, circulación de la materia en los organismos pluricelulares, correlación e integración funcional, reproducción y desarrollo y genética. La única referencia, muy superficial, al proceso evolutivo es una pregunta introductoria a la genética: “¿de qué manera evolucionan los organismos?” (pág. 289), interrogante que, según los autores del texto, puede responder la genética, aunque ellos no entregan la respuesta.

#### 14.9. La reincorporación de la Biología evolutiva a los programas de estudio

En 1985 se entregó a circulación “*Biología 4° Medio. De acuerdo al programa vigente*”, de Mireya Molina y María Eugenia Zárate, Académicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. El texto, declarado “*Material didáctico auxiliar de la Educación chilena*”, por el Ministerio de Educación Pública con fecha 15 de marzo de 1985, contiene tres unidades: “reproducción y desarrollo de los seres vivos”, “la transmisión de las características hereditarias” y “la evolución orgánica”. Al año siguiente se publicó la primera edición de “*Biología. En conformidad con los nuevos programas del Ministerio de Educación Pública*”, de los autores Natalio Glavic y Graciela Ferrada, con las mismas tres unidades. Las tres unidades se encuentran en la duodécima edición de *Nociones de Biología* (Horvat y Weiss, 1989), en cuya Introducción se manifiesta que “*De acuerdo al programa actual, nos corresponde dedicar nuestro estudio a tres aspectos importantes de la Biología: Reproducción, Genética y Evolución*”. Considerando la ausencia del tema evolutivo en un texto del año 1984 (Almonacid y Marín) y su aparición en textos en los años siguientes en los que se manifiesta expresamente su conformidad con el programa oficial, podemos concluir que los contenidos referentes a la Evolución biológica se reintegraron a la Enseñanza Media chilena en el año 1985.

Ese mismo año, un profesor de Biología que trabajaba para el Ministerio de Educación, Bartolomé Yankovic Nola (1985) publicó un texto acerca de *“la evolución biológica”*, dentro de una serie de textos tipo apuntes para Educación Media, de modo que el tema evolutivo fue repuesto en la Educación media de Chile durante el régimen militar de Augusto Pinochet Ugarte (1915- ), cuyas relaciones con la Iglesia Católica se fueron deteriorando debido al tema de los derechos humanos, y que además estaba apoyado por economistas partidarios del mal llamado “darwinismo social”.

En 1989 se dieron a conocer nuevos programas oficiales para la Educación Media Chilena. Los programas de estudio de Biología para los cursos 1° a 4° año de educación media fueron revisados por una Comisión Interinstitucional, con representantes del Ministerio de Educación, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile y de la Pontificia Universidad Católica de Chile (*Revista de Educación*, 173, pág.17). En Primer año se incluyeron las unidades *“Educación para la Salud”* y *“Bases del Equilibrio Biológico de la Naturaleza”*, en Segundo año *“Unidad y diversidad en el mundo viviente”* e *“Intercambio de materia y energía entre el organismo y su ambiente”*, en Tercer año *“Sistemas de Integración orgánica”* y en el Cuarto año *“La reproducción y desarrollo de los seres vivos”* y *“La transmisión de las características hereditarias”*. Nuevamente se ha eliminado la evolución biológica de los contenidos obligatorios de biología de enseñanza media, tema que pasó a formar parte del Plan Electivo de cuarto año (*“Evolución orgánica”*), junto con la unidad *“Problemas fundamentales del organismo animal y aspectos básicos de ecología”*. En los Programas de Ciencias Naturales para la Enseñanza Básica aprobados aquel año tampoco se incluyen conceptos relativos a la evolución biológica (*Revista de Educación*, 94, págs. 79-86).

Aparentemente el tema evolutivo se reintegró pronto al currículum obligatorio. En 1991, se enseñaban los contenidos evolutivos en el programa de Biología de cuarto año medio, junto a las unidades de “reproducción y desarrollo” y de “genética”, pasando a formar parte de la tercera unidad *“Problemas fundamentales del organismo animal”*, que incluye tres contenidos: homeostasis, ecología y evolución orgánica. Tal es la organización del texto de María Cecilia Lastra y cols. (1991) para el cuarto año medio, en el que no se especifica si algunos de estos temas corresponden a contenidos electivos. Sin embargo, puede notarse que si bien los contenidos son los mismos que aparecen en los programas de 1989 como obligatorios o como electivos, la separación de las unidades no coincide, lo que inclina a pensar que se trata de programas nuevos, en los que aparentemente se reinsertó como obligatoria la enseñanza de la evolución biológica, pero junto con los otros contenidos, por lo tanto disminuyó su importancia relativa dentro del programa.

La sexta edición del texto “Biología” para cuarto año de Educación Media de Glavic y Ferrada, publicada en marzo de aquel año, mantiene aún las tres unidades antiguas: reproducción y desarrollo de los seres vivos, la transmisión de las características hereditarias y la evolución orgánica (Natalio Glavic y Nora Ferrada, 1991). En la primera página del libro se advierte “*en conformidad con los nuevos programas del Ministerio de Educación Pública*”, aunque en realidad esta supuesta “sexta edición” no es más que una reimpresión, sin cambio alguno, de la primera edición, de 1986.

La Comisión Coordinadora del Proceso de Admisión a las Universidades Chilenas elaboró un documento oficial acerca de los temas sobre los cuales versarían las preguntas de las Pruebas de Conocimientos Específicos para el Proceso de Admisión para el Año Académico 1993 (Comisión Coordinadora, 1993). De acuerdo con lo expresado en las Instrucciones, este documento se elaboró teniendo como marco de referencia los programas oficiales del Ministerio de Educación y lo que de ellos requieren las Instituciones de Educación Superior. Los contenidos de la prueba de Biología se desglosan en cinco unidades: Biología celular y molecular, morfofisiología de sistemas biológicos, reproducción y desarrollo, genética y evolución, ecología y diversidad biológica y Biología humana y salud. El temario de la unidad de genética y evolución para la Prueba de Conocimientos Específicos de Biología, comprende nueve puntos: organización del material genético, expresión génica, concepto de regulación génica, transmisión de la información, variabilidad génica, genética humana, modificaciones del material genético, frecuencia génica en la población y teoría sintética de la evolución. De 18 conceptos especificados para esta unidad solamente el último se refiere a la evolución: “*Uno de los aspectos más notables de la naturaleza es la diversidad de especies, la que es determinada principalmente por los siguientes procesos básicos: mutación, recombinación genética, selección natural y aislamiento reproductivo*”.

En 1994, los contenidos de Biología de cuarto año medio se habían reducido a dos capítulos: reproducción: continuidad de la vida (con dos unidades: reproducción asexual y sexual, y reproducción humana) y genética clásica y molecular (con tres unidades: genética clásica I, genética clásica II y genética molecular). Los contenidos acerca de evolución se han vuelto a eliminar del currículum obligatorio. Los contenidos de Biología se dividieron en los correspondientes al plan común y los electivos, y el tema de la evolución biológica pasó a ser electivo. Llama la atención que la erradicación de la evolución de los contenidos básicos comunes (obligatorios) de Biología en Chile en el nivel de la enseñanza secundaria prácticamente coincida en el tiempo con los esfuerzos de la Iglesia Católica en igual sentido en Argentina (Braslavsky, 1995; Galmarini, 1995; Ojeda, 1995).

Otra coincidencia es que en 1994 y 1995, cuando la evolución biológica está relegada al plan electivo, el Presidente de la República en ejercicio era Eduardo Frei Ruiz-Tagle (1942- ), hijo del presidente Eduardo Frei Montalva, bajo cuyo mandato se suprimieron los contenidos de evolución de los programas de Enseñanza Media en la década de 1960.

En uno de los textos más utilizados para el plan común, *“Ciencias Biológicas. Educación Media IV”*, de Hidalgo y cols. (1994), se entregan algunos conceptos relativos a evolución, dispersos en diversas unidades. La unidad de reproducción comienza con una reseña histórica en la que se habla de la biogénesis y abiogénesis, por lo cual hay una breve referencia a la teoría de Oparin sobre el origen de la vida, con el siguiente comentario: *“La Ciencia intenta dar una respuesta que no debe interpretarse como absoluta ni categórica; solo es uno de los distintos puntos de vista con que puede ser abordado un tema tan complejo como el origen de la vida”* (Hidalgo y cols, 1994, pág. 9).

Una segunda referencia a la evolución se encuentra en el capítulo de genética clásica en relación con la hipótesis de la pangénesis (pág. 68): *“Esta hipótesis fue postulada inicialmente por Aristóteles y muchos siglos más tarde, adoptada por Charles Darwin como una herramienta que le permitiría explicar la similitud entre padres e hijos y el proceso de la evolución, por medio de la selección natural”...* Aún cuando se demostró que la hipótesis de la pangénesis era falsa, algunos científicos la adoptaron como parte de la teoría de la herencia de los caracteres adquiridos”. De acuerdo con estos planteamientos, puede deducirse que tanto el neolamarquismo (herencia de caracteres adquiridos) como el neodarvinismo (selección natural), son falsos. El error, evidente, es la afirmación *“que le permitiría explicar la similitud entre padres e hijos y el proceso de la evolución, por medio de la selección natural”*, porque la selección natural no requiere de la pangénesis y Darwin la propuso porque aceptaba la herencia de los caracteres adquiridos (Dodson, 1963, pág. 105; Dobzhansky, 1966, pág. 79; Cellone, 1967, pág. 54; Ruse, 1983, pág. 267; Bowler, 1995, pág. 243; Miller y Van Loon, 1995, pág. 142). En la misma página y en la siguiente se desarrolla la idea de la herencia de caracteres adquiridos (con el infaltable ejemplo del cuello de la jirafa) y se desarrolla la idea del plasma germinal de Weismann.

Otros contenidos vinculados con la evolución corresponden a la genética de poblaciones (págs. 100-105) desarrollados en el capítulo de genética. Sin embargo, la única relación que se establece con el proceso evolutivo es la frase *“La selección natural, entendida como un mecanismo que privilegia la sobrevivencia del organismo mejor adaptado, es un proceso básico en la Teoría de la evolución postulada por Charles Darwin”*.

En esta época formaban parte del plan electivo, vale decir contenidos no obligatorios para todos los estudiantes, los contenidos que en 1991 formaban la unidad “*Problemas fundamentales del organismo animal*”: evolución orgánica, homeostasis y ecología. Los mismos autores del texto comentado, publicaron “*Ciencias Biológicas. Educación Media. Plan electivo III y IV*” (Hidalgo y cols. 1995). Al finalizar la exposición de la Teoría sintética de la Evolución se lee: “*Los detractores de esta teoría señalan que el valor evolutivo de la selección es discutible, ya que la selección no explica cómo un grupo taxonómico se transforma en otro sin dejar más huellas que los fósiles, y cómo unos grupos desaparecen, mientras que otros sobreviven en las mismas condiciones de vida. Otro aspecto que se critica de la Teoría Sintética de la Evolución es que el rol de las mutaciones en la evolución se sobrevalora, ya que una serie de mutaciones pueden explicar fácilmente alteraciones del metabolismo, pero no la aparición de órganos complejos. El papel que desempeña el azar es otro de los aspectos cuestionados. Sus detractores señalan que la evolución ha tenido en todos los tiempos una tendencia hacia la finalidad: un órgano específico no puede aparecer por efecto del azar*” (pág. 260). ¿A qué detractores anónimos se refiere este texto?. Frases como las señaladas son muy similares a las que se encuentran en libros antievolucionistas, ¡no escritos precisamente por biólogos!. La cercanía de los autores de este texto con la Iglesia Católica es fácil de comprobar: En el libro correspondiente al plan común de Cuarto año hay mensajes claramente religiosos (“*En este capítulo abordamos también la reproducción humana, un don superior que nos permite crear y dar vida, colocando al hombre frente a una responsabilidad que debe ser asumida por todas las parejas, basándose en valores como el amor, la estabilidad y el respeto por la vida engendrada*”, Hidalgo y cols., 1994, pág. 6), en la página 61 se desarrolla el tema “La reproducción asistida y la postura de la Iglesia”, y en la página 142 se agradece al “Vicario de la Zona Oeste”.

En 1997, la Pontificia Universidad Católica de Chile publicó un nuevo manual de preparación para la prueba de conocimientos específicos de Biología (Mundigo, 1997). En la introducción del tema evolutivo, plantea: “*El enfoque evolutivo ha impregnado a toda la biología actual; sin embargo, la idea de que ha habido un cambio en las especies a lo largo del tiempo, como cualquiera otra nueva idea de ciencia, fue muy discutida en los tiempos de su origen y hubo de acumularse mucha evidencia a favor suyo para que su aceptación se hiciera general entre los biólogos*” (pág. 138). En 1998 el Ministerio de Educación editó un folleto acerca de la evolución biológica, como parte del programa de mejoramiento de la calidad de la educación en el nivel medio, MECE Media (Jerez, 1998).

De acuerdo con la nueva Reforma Educacional, el 18 de mayo de 1998 se promulgó el Decreto Supremo de Educación número 220 que establece los contenidos mínimos obligatorios para enseñanza media y fija normas generales para su aplicación (Ministerio de Educación, 1998). Con este Decreto, el tema evolutivo se incluyó nuevamente entre los contenidos del plan común, pero en el tercer año medio.

El texto de estudio actualmente vigente para tercer año medio es “*Biología. Educación Media III*”, de los autores Luis Flores Prado (profesor de Biología y Ciencias Naturales por la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación), Ulises Hidalgo Caprile y Daniel Varela Zapata (ambos Licenciados en Ciencias Biológicas por la Pontificia Universidad Católica de Chile). Incluye dos grandes capítulos divididos en un total de seis unidades: El Capítulo I “La integración del organismo con el medio” comprende las unidades “El control nervioso de nuestro organismo”, “Sistema nervioso y ambiente”, “El equilibrio de nuestro cuerpo” y “Drogas y estrés”, el Capítulo II “La diversidad de organismos en el ambiente” comprende las unidades “Variabilidad y evolución de los seres vivos” y “Ambiente y diversidad de organismos” (Flores y cols, 2001).

## 15. CARACTERÍSTICAS DE LOS TEXTOS DE ESTUDIO SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA PARA LA ENSEÑANZA MEDIA CHILENA

### 15. 1. Ideología de autores de texto y su posición frente al tema evolutivo

La ideología de los autores de texto influye sin duda en sus posiciones frente al tema evolutivo. En general, con pocas excepciones, los autores más modernos se limitan a exponer los contenidos biológicos sin entregar un trasfondo extracientífico. En cambio, en los textos más antiguos se descubren, directa o veladamente, posiciones filosóficas o ideológicas que orientan el tratamiento de la materia. La posición de los autores de textos de estudio frente al tema de la evolución biológica, permite clasificarlos en varios grupos:

**Evolucionistas:** Consideran que la evolución biológica es un proceso real, ampliamente demostrado.

**Antievolucionistas o Fijistas:** Opinan que las pruebas a favor de la evolución son inconsistentes o erróneas, que el evolucionismo surgió como una postura filosófica antirreligiosa al margen de la Ciencia.

**Neutrales:** Estiman que las pruebas a favor del evolucionismo son sugerentes, pero no definitivas, que el proceso evolutivo es hipotético y la Ciencia no está en condiciones de afirmar que ocurra, algunos opinan que nunca podrá ser confirmado.

**Creacionistas:** Consideran que las especies fueron creadas por Dios, en su forma definitiva (antievolucionistas o fijistas), o a través de un proceso evolutivo (evolucionistas teístas). Los evolucionistas teístas generalmente son antidarvinistas.

De acuerdo con los antecedentes recogidos, varios autores de textos chilenos sobre evolución durante el siglo XX fueron sacerdotes católicos y plantearon claramente su posición respecto a la evolución biológica o desarrollaron en los contenidos del curso un acápite sobre “evolucionismo y religión”. La mayoría de estos sacerdotes fueron antievolucionistas, aunque uno de ellos es antidarvinista (contrario a la selección natural), pero neutral en el campo evolucionista (Drathen) y dos coautores de un texto (Weiss y Horvat) pasaron desde una posición pro-fijista a una posición evolucionista teísta en las décadas de 1960 y 1970. Los autores que desde comienzos de siglo fueron entusiastas evolucionistas, eran masones o muy afines a la masonería. En otros casos, si bien los autores pueden haber tenido una posición personal en cuanto a la religión, tal posición no se aprecia en sus textos, o incluso existe cierta ambigüedad. Por ejemplo, en el epígrafe del primer módulo del texto de Viviane Jerez (1998) se entrega una cita de Juan Pablo II, y en la misma página se lee: *“Cuestionarse sobre el origen del universo y el principio del tiempo es un tema delicado, que choca con raíces culturales y teológicas. Sin embargo el hecho de que el Papa Juan Pablo II haya aceptado recientemente las modernas teorías evolutivas, permite que la idea de la Evolución y las concepciones religiosas no sean contradictorias entre sí”* (pág. 13). Dejando aparte lo dudoso de la afirmación (que no sean ideas contradictorias no puede depender de la opinión de una determinada persona, además Juan Pablo II está a la cabeza de una religión, la católica, que no es la única existente), en el mismo texto hay una afirmación contradictoria con las posiciones religiosas sobre el tema: *“Actualmente el mundo científico concuerda con que la evolución no tiene dirección o un propósito predeterminado”* (pág. 11). Desde luego esa puede ser una posición filosófica personal de muchos investigadores, pero es una afirmación que queda fuera del campo de la investigación científica.

En el siguiente Cuadro, se indican los autores de textos, su postura ideológica o filosófica (cuando se mencionan en el libro) y su posición frente al tema:

**Cuadro 2. Autores de textos de estudio, su filosofía o ideología y su posición frente al evolucionismo.**

<b>Autor (Año)</b>	<b>Filosofía o ideología</b>	<b>Posición</b>
Bürger (1902)	¿?	Evolucionista
Jaffuel (1913)	Sacerdote católico, Sagrados Corazones	Antievolucionista
Quijada (1914, 1917, 1923, 1934)	Francmasón (?)	Evolucionista
Meyer y Bonn (1921)	¿?	Evolucionistas
Santier (1923)	Sacerdote católico, Salesiano	Antievolucionista
Drathen (1925)	Sacerdote católico, Verbo divino	Neutral
Vivanco Mora (1930, 1936)	Francmasón	Evolucionista
Panzarasa (1933)	Sacerdote católico, Salesiano	Antievolucionista
Ebel (1936, 1952)	Sacerdote católico, Jesuita	Antievolucionista
Silva Figueroa (1936, 1940, 1957)	¿ ?	Evolucionista
Horvat y Weiss (1960)	Sacerdotes católicos, Salesianos	Neutrales Pro-antievolucionistas
Glavic y Capurro (1965)	¿ ?	Evolucionistas
Jara (1966, 1969)	Católico	Evolucionista teísta
Horvat y Weiss (1979, 1989)	Sacerdotes católicos, Salesianos	Evolucionistas teístas
Molina y Zárata (1985)	¿ ?	Evolucionistas
Yankovic (1985)	¿ ?	Evolucionista
Glavic y Ferrada (1986, 1991, 1998)	¿ ?	Evolucionistas



Lastra y cols. (1991)	¿?	Evolucionistas
Mundigo y cols. (1997)	¿?	Evolucionistas
Hidalgo y cols. (1995)	Católicos	Evolucionistas
Jerez (1998)	Católica (¿?)	Evolucionista
Castillo y cols. (2000)	¿?	Evolucionistas
Flores, Hidalgo y Varela (2001)	Católicos	Evolucionistas

## 15.2. Importancia del tema evolutivo en la educación media.

La importancia relativa de los contenidos sobre evolución en cada texto revisado, calculado sobre la base del porcentaje de páginas se encuentra en el Cuadro 3. Los cálculos se basan en el número de páginas efectivas, por lo tanto no se consideraron aquellas de la presentación general del volumen, las en blanco o aquellas que llevan solamente un título, por lo tanto en general su número total es menor que el indicado en la bibliografía, donde se consigna como número de páginas a la última página numerada de cada libro.

**Cuadro 3. Porcentaje Aproximado de Páginas dedicadas a la Evolución Biológica en textos de Biología chilenos para Enseñanza en el Nivel Medio (1914-2003).**

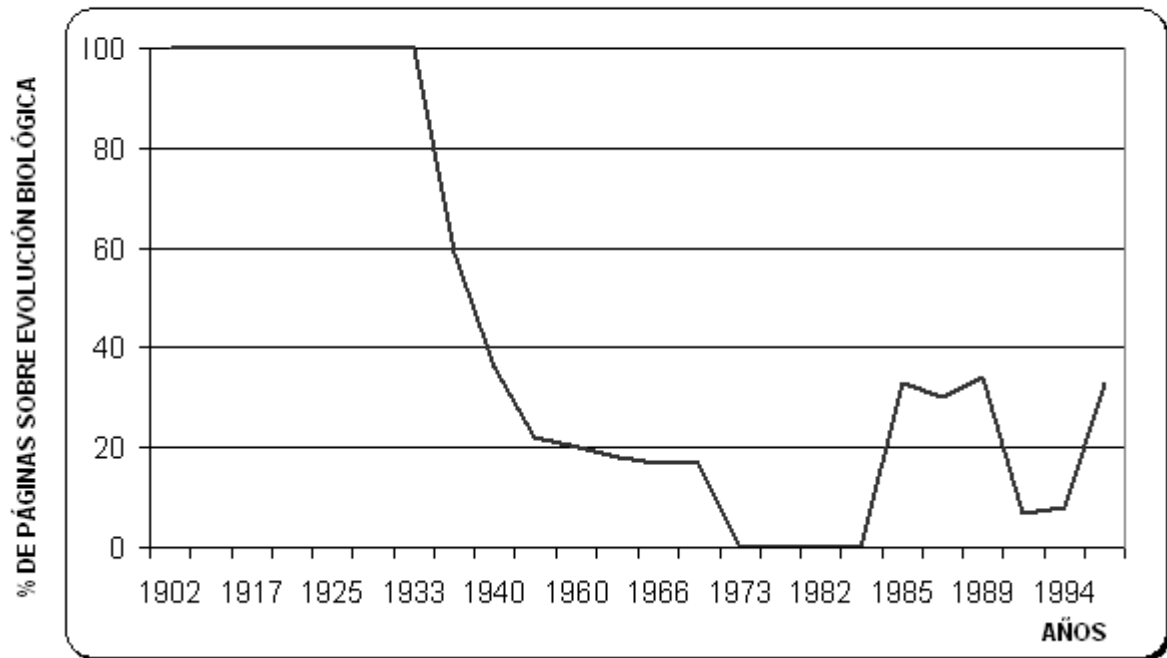
<b>Autor (año)</b>	<b>Total páginas</b>	<b>Páginas evolución</b>	<b>Porcentaje aproxim.</b>	<b>Comentarios</b>
Bürger (1902)	99	99	100	
Quijada (1914)	158	158	100	
Quijada (1917)	191	191	100	
Quijada (1923-1934)	165	165	100	
Santier Saint Gabriel (1923)	315	315	100	
Drathen (1925)	187	187	100	
Vivanco Mora (1930)	39	39	100	
Panzarasa (1933)	260	260	100	
Vivanco Mora (1936)	196	117	60	
Silva Figueroa (1936)	297	110	37	Se incluye un tema aparte sobre la especie y la variación
Ebel (1936)	426	349	81	
Silva Figueroa (1940, 1957)	314	113	36	Se incluye un tema aparte sobre la especie y la variación
Ebel (1952)	566	124	22	
Weiss y Horvat (1960)	316	64	20	
Glavic y Capurro (1965)	120	21	18	
Jara (1966, 1969)	130	22	17	

<b>Autor (año)</b>	<b>Total páginas</b>	<b>Páginas evolución</b>	<b>Porcentaje aproxim.</b>	<b>Comentarios</b>
Capurro (1973)	129	0	0	
Horvat y Weiss (1979)	190	70	37	Fuera del programa oficial
Rojas (1979)	75	0	0	
Glavic y Ferrada (1982)	97	0	0	
Almonacid y cols. (1984)	290	0	0	
Molina y Zárate (1985)	89	29	33	
Yankovic (1986)	89	53	60	No incluye todos los temas del curso anual
Glavic y Ferrada (1986, 1991)	118	35	30	
Horvat y Weiss (1989)	119	40	34	
Lastra y cols. (1991)	173	12	7	
Hidalgo y cols. (1994)	110	9	8	Contenidos dispersos en diferentes páginas
Hidalgo y cols. (1995)	114 (*)	33	29	El texto incluye contenidos electivos de tercer y cuarto año
Mundigo y cols. (1997)	61 (*)	11	18	El texto incluye todos los contenidos de enseñanza media
Glavic y Ferrada (1998)	292	46	16	Contenidos electivos
Jerez (1998)	30	30	100	No incluye todos los temas del curso anual
Flores, Hidalgo y Varela (2001)	150	49	33	

(\*): en este recuento de páginas totales se consideran solo contenidos de cuarto año medio

A continuación graficamos estos datos, de modo que se pueda apreciar cómo varía a través del tiempo el porcentaje de los contenidos acerca de la evolución biológica en los textos de estudio chilenos en el nivel de enseñanza media, revisados en el presente trabajo. Se excluyeron algunos casos especiales, que impiden una comparación adecuada, por ejemplo un texto que incluye todos los contenidos de enseñanza media, otros que corresponden a contenidos electivos y un texto que no incluye a todos los temas del curso anual. El porcentaje se calculó sobre la base de las páginas correspondientes, y se promediaron los valores de los textos publicados en un mismo año (Gráfico 1):

**PORCENTAJE DE PÁGINAS DEDICADAS A LA EVOLUCIÓN EN TEXTOS CHILENOS DE BILOGÍA PARA ENSEÑANZA EN EL NIVEL MEDIO**



La revisión del Cuadro 3 o del Gráfico correspondiente (Gráfico 1) muestra claramente la tendencia a disminuir el porcentaje dedicado al tratamiento de la Evolución Biológica. En forma aproximada se ve la tendencia a reducir su importancia dentro del currículum escolar hasta la década de 1960, y una cierta recuperación desde mediados de la década de 1980. Sin embargo, aunque actualmente en cada nivel educativo se utiliza un solo texto de estudio, a principios del siglo XX se utilizaban textos separados por unidades. Por ejemplo, de acuerdo con la información que se entrega en la contratapa del texto de Bernardino Quijada, tercera edición (1914), entre primero y cuarto año de humanidades, se utilizaban dos textos por año (una zoología y una botánica), un texto en quinto año (Biología general, correspondiente a anatomía y fisiología humanas) y un texto en sexto año (evolución). Sin embargo, en la cuarta edición del mismo libro (Quijada, 1917) se anuncia una segunda edición de un segundo texto para sexto año, correspondiente a higiene, por lo tanto aparentemente ya entre 1914 y 1917 el tiempo dedicado al estudio de la evolución disminuyó a la mitad (un semestre), lo cual podría haberse debido a críticas y presiones de grupos ultraconservadores.

Entre 1925 y 1936 se utilizó frecuentemente un solo libro por ramo y año, por lo tanto comenzaron a desaparecer los textos dedicados solo a la evolución biológica. El programa de Biología para el sexto año vigente en 1935, reproducido por Guillermo Ebel (1936) comprendía: La especie, definición y crítica. La herencia, leyes de Mendel, eugenesia. La variación. Mutación y fluctuación. La selección. Prolificidad de los organismos, lucha por la existencia. Selección natural. Selección artificial, y Creacionismo y evolucionismo (breve reseña histórica). Lamarck y Darwin. El texto de Vivanco Mora de 1936 se divide en dos partes. La primera corresponde a "*Elementos de Biología*" con cuatro capítulos: citología general, fecundación y desarrollo, el fenómeno de la herencia e histología (que incluía tanto la histología animal como la vegetal). La segunda es "*Teoría de la Evolución*", incluyendo un capítulo en el que se analizan "*algunos problemas de la Biología*", que son el problema de la vida, animismo, hilozoísmo, vitalismo, mecanismo, teoría físico-química, cómo y dónde se investiga la vida, el problema de la evolución (evolucionismo y fijismo, diversas teorías evolucionistas), el problema de la genética y el mundo circundante y su influencia diversificadora.

Aunque ambos textos comentados fueron publicados en 1936, el de Ebel dice en su portada "*conforme al programa de 1935*", en cambio el de Vivanco Mora advierte en su portada "*segunda edición corregida y aumentada y en todo conforme al programa vigente*". Ello significa que entre ambos años cambió el programa y puede explicar por qué en el libro de Vivanco Mora aparecen temas adicionales (citología, fecundación y desarrollo, herencia e histología), y el porcentaje del texto dedicado a la evolución desciende desde el 81% al 60%.

En 1940, el programa oficial de estudios de Biología para sexto año comprendía cinco unidades: citología, nociones de desarrollo embrionario, histología, temas de Biología general e higiene del medio ambiente. Bajo el concepto de “*Temas de Biología General*” se mantuvieron los mismos contenidos de 1936: la especie: definición y crítica; la herencia: leyes de Mendel, eugenesia; la variación: mutación y fluctuación; la selección, prolificidad de los organismos, lucha por la existencia: selección natural, selección artificial, y creacionismo y evolucionismo: breve reseña histórica (Lamarck y Darwin). Comparado con el programa de 1936, en 1940 se agregó una unidad completa nueva, higiene, con cuatro temas: higiene pública y privada, salud y enfermedad, profilaxis de las principales enfermedades contagiosas, la desinfección y enfermedades sociales. Ello explica que en el texto de Silva Figueroa siga disminuyendo la proporción del texto dedicado a la evolución y se llegue al 35%.

En 1952 se mantenía el mismo programa de Biología para sexto humanidades de la década anterior, con las cinco unidades (reproducido en Ebel, 1952). Los avances en los conocimientos producidos en ese tiempo en los otros campos cubiertos, especialmente en citología, genética e higiene, explican que en el texto de Guillermo Ebel (1952) la evolución corresponda apenas a un 20%. En ese texto se incluye incluso ultramicroscopía, tema no contemplado en el programa.

La situación de recargo de contenidos se hizo evidentemente insostenible. De los seis años de enseñanza secundaria, inicialmente los cuatro primeros se dedicaban a la zoología y botánica (Quijada, 1914; Quijada, 1934), y solo dos años a la Biología general. En las décadas de 1940 y 1950, en los tres primeros años se estudiaba zoología, botánica e higiene, en los otros dos Biología animal, Biología vegetal, higiene, y Biología general, con todas las subdivisiones mencionadas.

En 1960, de acuerdo con Carlos Weiss y Alejandro Horvat (1960), el programa de Biología para sexto humanidades contemplaba seis unidades: cómo se origina el individuo (reproducción), cómo se conserva el tipo de individuo en el tiempo (genética), cómo se organiza la materia viviente (Biología celular, histología), cómo se originan las especies (evolución), bosquejo histórico de la Biología y defensas del cuerpo contra las enfermedades. En general son los contenidos considerados anteriormente más el “*bosquejo histórico de la Biología*”. En el nuevo programa, de acuerdo con la reforma educacional del gobierno de Eduardo Frei Montalva, en el último curso de Biología de enseñanza media (cuarto año) se incluían: niveles de organización de la materia viviente, morfología celular, metabolismo, reproducción, genética y evolución (Jara, 1966).



Sin embargo, a fines del gobierno de Eduardo Frei Montalva el tema de la evolución biológica desaparece de los programas oficiales de enseñanza media en Chile, hasta 1984. La reducción del tiempo dedicado a este tema en los últimos años (aunque no su completa eliminación) tienen una clara justificación por el importante desarrollo de otros campos de la Biología que afectan directamente a las personas y que requieren ser analizados: la Biología molecular (con sus consecuencias prácticas como las pruebas de ADN), el interés por los problemas ambientales (que requieren de un tratamiento adecuado de la ecología), los adelantos en materia de reproducción (reproducción asistida, clonación) con los consiguientes problemas éticos y el problema de los embarazos adolescentes no deseados, el abuso de drogas, etc.

Por otra parte, además de las presiones de grupos de poder, hay dos motivos adicionales: en el tema evolutivo es difícil seleccionar actividades prácticas adecuadas y atrayentes, aunque desde la década de 1960 se ha puesto mayor énfasis en la enseñanza a través de laboratorio o actividades en terreno, y en segundo lugar el tema es muy amplio, y un alto porcentaje de profesores de Biología o Ciencias encuentra difícil su enseñanza.

De acuerdo con el Decreto Supremo de Educación número 220 de 1998, que establece los contenidos mínimos obligatorios para enseñanza, el nuevo programa de estudio para tercer año medio comenzó a aplicarse el año 2001. Sus contenidos mínimos son: Organización, estructura y actividad celular (adaptación a nivel celular). Procesos y funciones vitales (regulación de las funciones corporales y homeostasis, el sistema nervioso, sistema muscular y respuesta motora). Biología humana y salud (higiene nerviosa). Variabilidad y evolución. Organismo y ambiente (Adaptación). El tema "Variabilidad y evolución" contiene los siguientes contenidos: Registro fósil como evidencia de la evolución orgánica. Distinción entre hechos y teorías. Variabilidad como materia prima de los cambios evolutivos y su importancia en la sobrevivencia de las especies. Valoración de la biodiversidad como producto del proceso evolutivo. Selección natural en la evolución y extinción de especies. Innovaciones y formas intermedias. Éxito reproductivo como resultado de la competencia en el ambiente. Investigación sobre la historia de Darwin y el impacto cultural de su teoría en contraste con otras teorías evolutivas. Este nuevo programa de tercer medio de Biología se ha presentado también con alguna variación, organizado en cuatro unidades: 1. control nervioso y comportamiento, 2. regulación de las funciones corporales y homeostasis, 3. Biología humana y salud, y 4. variabilidad, evolución y adaptación (Aylwin, 2000).

Por otra parte, también en los últimos años se ha incluido a la evolución biológica en la enseñanza básica. En 1988 se publicó un texto de Ciencias Naturales para sexto año básico, que fue distribuido por el Ministerio de Educación por lo menos hasta 1994, cuyos autores figuran como “*Departamento Pedagógico Arrayán Editores*” (Arrayán, 1993). Este texto fue aprobado por la División de Educación General en 1988 y entre sus diez unidades contiene una de “Ecología y evolución”. Los contenidos de evolución, tratados muy superficialmente como corresponde a un sexto año básico, ocupan cuatro páginas y son: ¿Qué es la evolución?, pruebas de la evolución, los fósiles, fosilización, el interés en los fósiles, pruebas del desarrollo embrionario, teorías evolucionistas y teorías actuales (según los autores, las teorías “actuales” son el neo-lamarckismo y el neo-darwinismo!).

El texto que entregó en el año 2000 el Ministerio de Educación, de acuerdo con la Reforma Educacional, para el mismo nivel de sexto año básico, y de la misma editorial (Castillo y cols., 2000), incluyó aún la unidad de ecología, pero no la de evolución, transfiriéndose la unidad de evolución al octavo básico. En el texto “*Naturaleza*”, de Hidalgo y Mora (2001), para este nivel, se incluyen 5 unidades: la energía y los cambios de la materia, las transformaciones químicas en la naturaleza, evolución de la Tierra y el Universo, Evolución de la vida en la Tierra y Variabilidad y evolución.

Para el octavo año básico, el Gobierno de Chile, a través del Ministerio de Educación, entregó para los años 2003-2004 el texto “*Estudio y Comprensión de la Naturaleza. 8° Básico*”, de José Luis Monserrat, Ángela Contreras y Estrella Méndez (Monserrat y cols. 2003). Este libro se divide en cuatro Unidades: “Cambios en la Naturaleza”, “Cambios en la Materia”, “Evolución de la Tierra y el Universo” y “Evolución de la Vida en la Tierra”. Esta última Unidad se desarrolla entre las páginas 134 a 171, y abarca los temas “Origen de la Vida en la Tierra”, “Evidencias de la Evolución”, “Teoría de la evolución y su evidencia científica”, “Teoría de la selección natural de Darwin”, “Mecanismos del proceso de evolución”, “La reproducción como una función esencial para la conservación de la vida y de las especies”, “Mitosis”, “Variabilidad de una población”, “Reproducción sexual”, “Meiosis”, “Variabilidad”, “La meiosis y la reproducción sexual en la variabilidad genética”, “El DNA: molécula responsable de la transmisión de las características hereditarias”, “Cambios en el DNA y el proceso evolutivo”, “Ingeniería genética”.

### 15.3. Contribución de textos chilenos al planteamiento de las ideas evolucionistas

Desde un comienzo, en los textos de enseñanza media se dieron ejemplos relacionados con especies nacionales durante la exposición o discusión de la materia relativa al concepto de especie y a la evolución biológica.

Es destacable que Otto Bürger, llegado a Chile hace pocos años, publica un texto adaptando clases que realizara en Alemania, pero consignando numerosos ejemplos de flora o fauna nacional: zarzaparrilla en Juan Fernández (pág. 16), generalidades sobre organismos de Juan Fernández (pág. 18), quitral (pág. 22), cardón (pág. 22), planta acuática *Jussieua repens* (pág. 24), lobo marino (pág. 24), pájaro niño (pág. 24), palote (pág. 29), sierras *Callysphyris vespa* y *Callysphyris macropus*, chingue (pág. 34), jaiba de Ancud (pág. 42), lloica (pág. 47), picaflor de Juan Fernández (pág. 47), peripato *Peripatus blainvillei* (pág. 76), lampreas *Bdellastoma* y *Geotria* (pág. 81), sapito de Darwin *Rhinoderma darwini* (pág. 87).

En el análisis del concepto de especie biológica, Bernardino Quijada (1914) se refiere a las culebras chilenas (pág. 15), a vegetales del género *Hieracium* (pág. 15), y a los camélidos vicuña, guanaco, llama, alpaca (pág. 16), acerca de la influencia de la acción ambiental directa se refiere a los cáraos (*Carabus*) y a la vegetación chilena (pág. 29), comenta las razas de caballos y porotos chilenos respecto a la selección artificial (pág. 42), se refiere a tres especies que forman parte de la vegetación de las islas Juan Fernández en relación con la lucha por la existencia en casos de plantas adventicias (pág. 46), los mellihuacos o carneros de cuatro cuernos y la vaca ñata ejemplifican formas mutacionales teratológicas (pág. 53), respecto a vegetales con colorido protector señala a la violeta *Viola aizoon* (pág. 82), como ejemplos de mimetismo cita al palote (pág. 83), a la sierra (*Callysphyris vespa*) (pág. 86), al díptero *Pangonia* que se asemeja a un moscardón, a la mariposa *Psyche* que se asemeja a la abeja (pág. 87) y a la flor del soldado, que copia a la ortiga (pág. 88), cita al chingue por sus colores anunciativos (pág. 88) y a la chinita por su conducta (pág. 89), se refiere a la simbiosis de una jaiba de Coquimbo con la anémona de mar (pág. 90), entre los fósiles cita al mastodonte de Tagua Tagua (pág. 113) y al milodonte de la Cueva de Eberhard (pág. 114), menciona siete especies endémicas de Juan Fernández (pág. 136) y nueve tipos de peces chilenos de aguas dulces (págs. 138-139), entre las formas de transición describe al peripato (págs. 148 y 149), en relación con la evolución de los vertebrados se refiere a la ranita de Darwin (*Rhinoderma darwini*).

En total, en 1914 Bernardino Quijada entrega 45 ejemplos de organismos chilenos. En ediciones posteriores de este mismo libro, se eliminaron algunas de estas referencias: la distribución en Chile de distintos tipos de vegetación y las ocho especies de peces, pero se agregaron numerosos ejemplos. Entre los nuevos ejemplos están las dificultades para determinar las especies de zorros chilenos (1917, pág. 16; 1923, pág. 14), las leguminosas del género *Adesmia*, de difícil clasificación (1923 pág. 15), las llaretas de la cordillera, adaptadas a la nieve (1923, pág. 45), la langosta de Juan Fernández (1917, pág. 60; 1923, pág. 66), el melanismo del zorro de Chiloé (1923, pág. 65), el lagarto matuasto, que posee un tercer ojo rudimentario (1917, pág. 88; 1923, pág. 83), cuatro especies de insectos con dimorfismo sexual (1917, pág. 91; 1923, pág. 87); el picaflor de Juan Fernández (1917, pág. 93; 1923, pág. 89), la jaiba de Juan Fernández (1917, pág. 101), la mariposa del capullo (1917, pág. 107; 1923, pág. 104), la chinchilla (1917, pág. 109), la avispa albañil, en relación con sus instintos (1917, pág. 115; 1923, pág. 113), el tordo (1917, pág. 119; 1923, pág. 116).

Santier San Gabriel (1923) incluye diez ejemplos de especies chilenas, todos ellos extraídos de Quijada, y agrega el de los “chabins”, que se les había supuesto ser híbridos fértiles entre carnero y cabra, pero que en realidad son una variedad de ovejas (Págs. 44, 150).

De los 25 ejemplos dados por Theo Drathen (1925), la mayoría habían sido considerados previamente por Quijada, pero incluye algunos nuevos: la oveja lina de Chile (otro nombre para los “chabins”, aunque agrega que “*otros dicen que los “chabins” chilenos no son sino ovejas de un pelo que recuerda la cabra*” (pág. 67), el quirquincho (pág. 83), los quintrales (pág. 102), líquenes chilenos (pág. 108), la *Aristolochia chilensis* (pág. 109), la mariposa negra de Chile (pág. 122), el tiuque (pág. 124), plantas clasificadas por Philippi (pág. 141) y lucha de *Apanteles dirphiae* con la oruga de *Dirphia amphimene* (pág. 155).

Humberto Vivanco Mora (1930) consigna cuatro ejemplos nacionales: entre las mutaciones incluye a la vaca ñata de Chile (pág. 20), también menciona a la avispa albañil chilena (pág. 31) , al tordo argentino, que vive en Chile durante el varano (pág. 33) y a la jaiba-araña de Chiloé y Juan Fernández (pág. 33). En la otra edición de su obra (Vivanco Mora 1936) se refiere a cinco ejemplos chilenos, curiosamente diferentes a los anteriores: el coleóptero sierra (pág. 134), la chonta, el picaflor grande y algunos coleópteros, especies endémicas de las Islas Juan Fernández (pág. 154) y una referencia a la familia de plantas Compuestas, indicando que representa la quinta parte de la flora chilena (pág. 197).

En el texto de Ebel (1936) se recogen 20 ejemplos chilenos, todos aparecidos antes en libros de Quijada: se refiere a las culebras chilenas para ejemplificar las dificultades que se presentan al tratar de determinar las especies (pág. 11), los zorros chilenos en relación con el mismo problema (págs. 11 y 37), razas de caballos domésticos en Chile (págs. 130 y 220), y de porotos cultivados en Chile (pág. 130), langosta de Juan Fernández (pág. 133), *Acaena* en Juan Fernández (pág. 135), los mellihuacos o carneros de cuatro cuernos (pág. 180) y la vaca ñata (pág. 181) ejemplifican formas mutacionales teratológicas, los mustélidos chilenos se mencionan en relación con la taxonomía (pág. 220), el matuasto (pág. 238), ciervo volante (págs. 243 y 244), picaflor de Juan Fernández (pág. 243), jaiba chilena (pág. 246), sierra (pág. 247), tábano (pág. 247), flor del soldado (pág. 248), la simbiosis de una jaiba de Coquimbo con la anémona de mar (pág. 249), milodonte de la Cueva de Eberhard (págs. 311 y 314), mastodonte de Tagua Tagua (págs. 311 y 314) y peripato (pág. 329).

En las décadas de 1930 y 1950 el número de ejemplos chilenos se incrementa con la información paleontológica chilena. El profesor Carlos Silva Figueroa (1936, 1940) registra varios ejemplos que aparecen en los libros de Bernardino Quijada, pero sube a 99, porque incluye numerosos nuevos. Se refiere a los lepidópteros chilenos y los canelos del bosque Fray Jorge (1936, pág. 133; 1940, pág. 147), a los escarabajos *Carabus gloriosus* y *Carabus Darwin* (1936, pág. 137; 1940, pág. 151), a la vaca ñata chilena (1936, pág. 142; 1940, pág. 157); la mosca abeja *Eristalis tenax* (en nota, 1936, pág. 150; 1940, pág. 165), siete ejemplos de dípteros miméticos (ilustrados en 1936, pág. 149; 1940, pág. 163), el griptoterio (milodonte) de la Cueva de Eberhard (1936, pág. 217; 1940, pág. 234) y a 86 fósiles (1936, págs. 224-230; 1940, págs. 241-247) que ejemplifican la historia geológica de Chile, redactada por el geólogo Prof. Humberto Fuenzalida Villegas (1904-1966), quien fue Director del Museo Nacional de Historia Natural de Chile entre 1948 y 1964 (Mostny, 1980).

En una nueva edición del texto de Ebel (1952) se recogen ejemplos de especies chilenas, la mayoría de ellos consignados antes en libros de Quijada y en la edición previa del mismo Ebel: se refiere a las culebras chilenas para ejemplificar las dificultades que se presentan al tratar de determinar las especies (pág. 412), al cordero liguano chileno, supuesto híbrido (pág. 413), gansos silvestres de Chile (pág. 416), los mellihuacos o carneros de cuatro cuernos (pág. 463), la vaca ñata (pág. 464), ciervo volante (pág. 483), primavera (pág. 483), palote (pág. 485), sierra (pág. 485), flor del soldado (pág. 485), razas de caballos domésticos en Chile (pág. 507), y de porotos cultivados en Chile (pág. 507), langosta de Juan Fernández (pág. 509), *Acaena* en Juan Fernández (pág. 511), peripato (pág. 532). A estos se agregan 35 especies fósiles (págs. 549-551), incorporadas en información sobre la historia geológica de Chile.

Los textos más recientes, desde la década de 1960, se han preocupado escasamente de los ejemplos chilenos. En general se aprecia una disminución del número de casos citados, aunque hay que considerar que también se va reduciendo el número de páginas dedicadas al tema de la evolución. Weiss y Horvat (1960) y Horvat y Weiss (1979) citan solamente al mastodonte de Tagua Tagua. Glavic y Capurro (1965) se refieren en general a la existencia en Chile de casos de aislamiento geográfico (pág. 123) y a la coloración protectora de la langosta *Trimerotropis ochraceipennis* (pág. 124). Fernando Jara (1966, 1969) no da ejemplos chilenos, Mireya Molina y M. Eugenia Zárata (1985) solamente incluyen tres fotografías en las que se señala que corresponden a material chileno: cangrejo fósil del Golfo de Penas (pág. 81), helecho del Triásico de Copiapó (pág. 83) y piedra tacita del Valle del Encanto (pág. 88). Bartolomé Yankovic (1985) no cita ejemplos chilenos. María Cecilia Lastra y cols. (1991) mencionan al hallazgo de momias en Chile (pág. 166), comparan las hipótesis lamarquiana y darviniana mediante un ejemplo hipotético en chinchilla (pág. 172), se refieren a las dificultades de separar algunas especies de roedores del altiplano de Chile (pág. 173) y explican la genética de poblaciones mediante un ejemplo de frecuencias génicas en las poblaciones mapuche, chilena y española (pág. 174). Natalio Glavic y Graciela Ferrada se refieren a la araucaria y a la zarzamora (1986 ó 1991, pág. 102; 1998, pág. 191). Hidalgo y cols. (1994) no incluyen ejemplos chilenos. Viviane Jerez (1998) menciona al pudú, señalando que sólo existe en los bosques australes de CHILE (pág. 22), y a los yacimientos fosilíferos de Lo Valdés (pág. 49).

Ulises Hidalgo y cols. (1995) solamente entregan una fotografía de Lo Valdés, en el Cajón del Maipo, señalando que allí se pueden encontrar ammonites (pág. 261). Luis Flores y cols. (2001) mencionan vagamente que Charles Darwin “*En Chile encontró restos de organismos marinos muy lejos de la costa*” (pág. 101) y se refieren a la distribución geográfica de los *Nothofagus*, en Chile, Australia, Nueva Zelanda y Antártida, para ilustrar la deriva continental (pág. 113).

Los números de ejemplos de especies chilenas registrados en cada texto revisado, y su cantidad en relación con el número de páginas, se entregan en el Cuadro 4:

**Cuadro 4. Número de ejemplos chilenos en textos de nivel medio revisados**

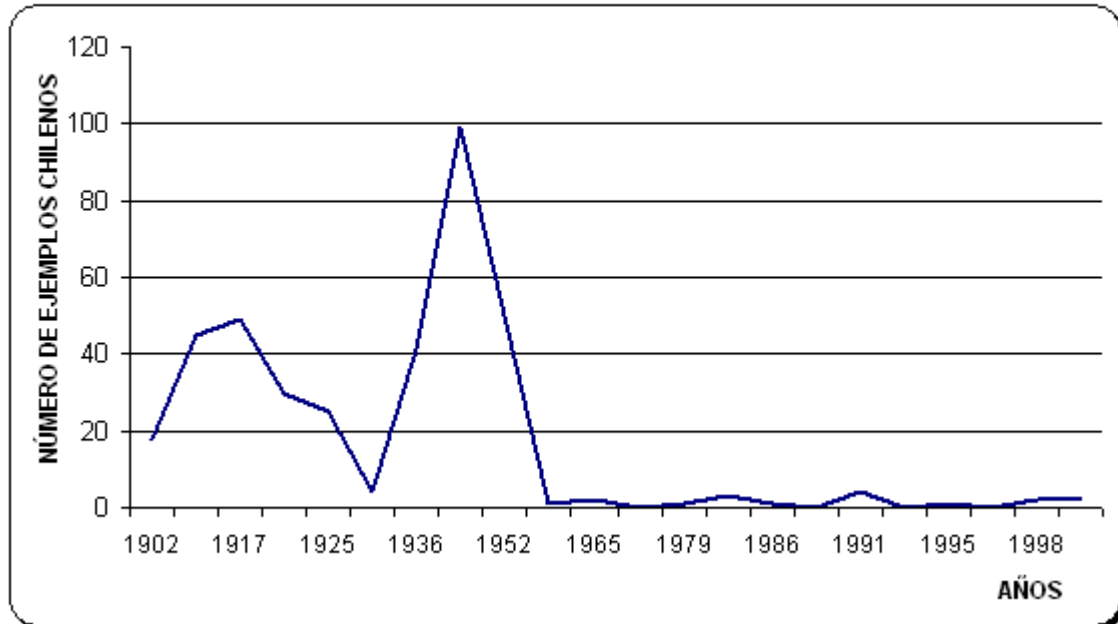
<b>Autor (Año)</b>	<b>Ejemplos Chile</b>	<b>Páginas Evolución</b>	<b>Ejemplos/ Página</b>	<b>Comentarios</b>
Bürger 1902	18	99	0,181	
Quijada 1914	45	158	0,285	
Quijada 1917	49	191	0,256	
Quijada 1923	50	165	0,303	
Santier 1923	10	315	0,032	
Drathen 1925	25	187	0,134	
Vivanco 1930	4	39	0,102	
Ebel 1936	20	349	0,057	
Vivanco 1936	5	117	0,043	
Silva F. 1936	99	110	0,900	
Silva F. 1940, 1957	99	113	0,867	
Ebel 1952	50	124	0,403	
Weiss-H 1960	1	64	0,016	
Glavic-Cap. 1965	2	21	0,095	
Jara 1966, 1969	0	22	0,000	
Horvat W. 1979	1	70	0,014	Fuera de programa
Molina Zárate 1985	3 (fotog)	29	0,103	
Yankovic 1986	0	53	0,0000	
Glavic F 1986,1991	2	35	0,571	
Horvat Weiss 1989	0	40	0,000	
Lastra 1991	4	12	0,333	
Hidalgo 1994	0	9	0,000	
Hidalgo 1995	1 (fotog)	33 (*)	0,030 (*)	Electivo
Mundigo 1997	0	11	0,000	
Glavic Fer. 1998	2	46	0,043	Electivo
Jerez 1998	2	30	0,066	
Flores 2001	2	49	0,041	

(\*): se consideran solo contenidos de cuarto año medio

Los mismos datos se grafican a continuación (Gráfico 2), para apreciar la tendencia a través de los años. Se promedian los números correspondientes a textos publicados en un mismo año. No se consideran las reimpresiones.



**NÚMERO DE EJEMPLOS CHILENOS EN TEXTOS SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA PARA EL NIVEL DE LA ENSEÑANZA MEDIA EN CHILE**



## 15.4 Avance del conocimiento científico acerca de la evolución y su manifestación en la enseñanza

De acuerdo con diversos autores, el desarrollo histórico de las ideas evolucionistas tras la publicación del *Origen de las especies* de Darwin, puede dividirse en varias etapas o períodos. Considerando diversas propuestas (Dodson, 1963; Bowler, 1985; Mayr, 1992), podemos reconocer las siguientes etapas:

1. **Período romántico:** desde 1860 a 1900. Se establece el apoyo mayoritario de los biólogos al evolucionismo. Se caracterizó por un extremo entusiasmo por el darwinismo y la aceptación sin críticas de cualquier dato que pareciera apoyarlo.

2. **Período agnóstico o “eclipse del darwinismo”:** desde 1901 a 1935. Se aceptaba el proceso evolutivo, pero se dudaba respecto a sus causas. Las teorías alternativas que se aceptaban son: neodarwinismo (selección natural), evolución teísta (planificada), neolamarquismo (herencia de caracteres adquiridos), ortogénesis o autogénesis (evolución dirigida), mutacionismo (macromutaciones) y fisherismo (frecuencias génicas).

3. **Síntesis evolutiva:** desde 1936 a 1968. Se produce énfasis en el pensamiento poblacional, hay interés en la evolución de la diversidad, especiación y tasas evolutivas variables. Experimentos modernos sobre el origen de la vida.

4. **Postsíntesis:** desde 1969 en adelante. Evolución por duplicación génica, redescubrimiento de la selección sexual, teorías jerarquizadas de los niveles de selección, sociobiología, equilibrios punteados o intermitentes, evolución mediante endosimbiosis, neutralismo (teoría neutralista de la evolución molecular de Kimura), restricciones al proceso evolutivo (estructurales e históricas del desarrollo, genéticas y fisiológicas).

Las principales fechas en el desarrollo histórico del evolucionismo, a partir de 1866, se entregan en el anexo (Cronología 1, Cronología 2), relacionadas con las fechas de edición de los textos revisados y con los cambios sociales y educacionales en Chile y el mundo. Los textos más antiguos dedicados a la evolución que se publicaron en Chile aparecieron durante el período agnóstico: Quijada, 1914, 1923; Santier Saint Gabriel, 1923; Drathen, 1925.

Los textos de Quijada representan claramente la visión de aquella época: adhesión absoluta al evolucionismo, pero sin decidirse entre las diferentes escuelas, con críticas a favor y en contra de las posiciones de Geoffroy de Saint Hilaire, Jean Lamarck, Charles Darwin, Hugo De Vries, etc. Por ejemplo, refiriéndose a la hipótesis de la influencia directa de los factores ambientales, comenta: *“Aunque tales ideas evolucionistas carecen de fundamento, tratándose de las grandes transformaciones sistemáticas de los tipos, no se puede negar que, en el fondo, es muy exacta la teoría de Geoffroy Saint-Hilaire, si se supone la acción de una fuerza evolutiva intrínseca”* (Quijada 1914, pág. 26). Sobre la hipótesis de Lamarck dice *“Por más exacto que sea este nuevo principio o lei de evolución interna, sin la cual el organismo perecería o viviría miserablemente en un medio contrario, la lei de adaptación por el uso o desuso no tiene hoy, como factor transformador de la especie, la excesiva importancia que le atribuyó su autor”* (pág. 23).

Después de citar algunos ejemplos, agrega: *Además, muchas propiedades morfológicas, como, por ejemplo, el largo cuello de la jirafa, el enorme desarrollo de la cola del kangurú, se explican mejor como productos de la selección natural en la lucha por la existencia, principio que medio siglo después de Lamarck, dio a conocer el ingenioso Carlos Darwin. Con todo, hai que hacer constar que la teoría de la evolución orgánica invoca esta lei del hábito de Lamarck, para explicar la formación, tan común en los animales i en las plantas, de los llamados órganos rudimentarios por la falta de uso de los mismos”* (pág. 24). Respecto a Darwin, comenta: *“Tal es el mérito eterno de Darwin, haber dado a la adaptación de los seres, al parecer tan maravillosa, una explicación natural trazado por un Ser Supremo Todopoderoso, sino el efecto de causas naturales”* (pág. 49), pero luego dice que *“la teoría darwiniana adolece del gran defecto de ser incapaz de explicar mediante la selección natural la progresiva complicación de los organismos i la coexistencia de seres sencillos y complicados”* (pág. 50). Criticando al neolamarquismo y al neodarwinismo, opina: *“Es evidente que hay exajeración en estas escuelas transformistas modernas, al atribuir una importancia por demás excesiva a tales factores de la transmutación de los seres. Pues, si bien es cierto que cada una de estas causas son capaces de transformar las formas orgánicas, no lo es menos que hai otras, como, por ejemplo, el hibridismo, el aislamiento jeográfico i las mutaciones, que desempeñan un papel importante en la evolución”* (pág. 55).

En las ediciones tercera (1914) y cuarta (1917) de su texto sobre evolución, Bernardino Quijada reproduce al inicio, el programa de Biología de sexto año humanidades vigente en 1912 y 1914, respectivamente, que son exactamente iguales.

En la tercera parte y final de estos programas existe un acápite titulado “*Defectos y vacíos de la teoría darwiniana*”, en el que se incluyen los siguientes aspectos: “*Imposibilidad de explicar mediante la selección natural, la diferenciación de los caracteres puramente morfológicos, así como la progresiva complicación de los organismos i la coexistencia de seres sencillos y complicados. Tendencia evolutiva inherente al protoplasma. La teoría mecánica de Nägeli; su insuficiencia. Analogías que hai entre el desarrollo individual i la evolución de las especies. Duración limitada de la vida de las últimas. Teoría de Weismann. Problemas no resueltos del oríjen i del fin de la vida en nuestro planeta*”. Se trata, en síntesis, de algunas críticas a la selección natural darwiniana, no al evolucionismo en sí, y a la teoría mecánica de Nägeli, aparentemente colocadas para justificar posiciones cercanas a la religión (la “*progresiva complicación de los organismos*” y la “*tendencia evolutiva inherente al protoplasma*”). En la edición de 1914, Quijada desarrolló el tema “defectos de la teoría darwiniana” (págs. 50-51), pero eliminó el tema en las ediciones posteriores.

En la séptima edición de su libro (1923), y en las siguientes ediciones, que son prácticamente reimpressiones (1925, 1930, 1934), Quijada parece aceptar el evolucionismo teísta, como queda de manifiesto en la siguiente opinión: “*Ningún naturalista, cualquiera que sean sus opiniones sobre la cuestión relativa a la especie, pone hoy en duda el hecho de la tendencia complicadora o principio interno impulsor, sostenido con tanta precisión como energía, por Lamarck i espuesto en diferentes épocas hasta por eminentes doctores de la Iglesia*” (pág. 33). Las objeciones al principio lamarquiano del uso y desuso de los órganos, que en la edición de 1914 aparecen en las páginas 23 y 24, en su mayor parte en una nota a pie de página, se amplían en las ediciones comentadas (pág. 31). En estas ediciones, Quijada también alaba al mutacionismo: “*Sea como sea, es preciso reconocer que los ensayos de De Vries tienen el mérito de mostrar la creación experimental de nuevas especies, i de comprobar que su formación no sólo puede realizarse por las variaciones darwinianas. Los estudios del hábil botánico holandés no pueden ser, pues, más importantes, puesto que con ellos empieza un nuevo rumbo para la biología*” (pág. 73).

El texto de Drathen (1925) refleja un punto de vista que existía durante el período del eclipse del darwinismo, acepta a la evolución como una hipótesis, y, aunque es decididamente antidarvinista, reconoce que la mayoría de los biólogos son evolucionistas. En cambio, Santier Saint Gabriel (1923), con su fijismo a ultranza, aparece con una postura que, al menos en los círculos científicos, ya no se sostenía. Dice que las escuelas evolucionistas dominaban cuando escribió su libro y eran darvinianos rígidos, neolamarquistas, neodarvinistas, seguidores de Hugo de Vries, evolucionistas moderados y partidarios de la hologénesis (pág. 276-291).

La época de la síntesis evolutiva comenzó en 1937 con “*Genetics and the Origin of Species*” de T. Dobzhansky, libro al que siguieron en 1942 “*Systematics and the Origin of Species*” de E. Mayr y en 1944 “*Tempo and Mode in Evolution*” de G. G. Simpson. Cuando se publicaron los textos de Ebel y de Vivanco Mora, 1936, recién se iniciaba el proceso de síntesis. Considerando la demora en la redacción y edición de textos y las dificultades de acceder en esa época a la bibliografía más nueva, no podemos esperar que en estos libros se exponga el sinteticismo. No obstante, Humberto Vivanco Mora muestra algunos indicios. Duda respecto a la supuesta “*tendencia complicadora inherente al protoplasma o principio interno impulsor*”. Dice: “*sobre este asunto diremos nosotros que la razón de ser de la llamada tendencia complicadora del protoplasma, es cosa un tanto difícil de dilucidar. Ya que podría ella radicar en el núcleo y no en el protoplasma...*” (Vivanco Mora, 1930, pág. 13; 1936, pág. 108). Termina el texto de 1936 con una frase que destaca la importancia de la aplicación de la estadística y de considerar a los genes presentes en los organismos, lo cual podría anticipar a la genética de poblaciones, base del sinteticismo: “*Finalmente, y para terminar, digamos con Leininger, que si estos experimentos no han rendido hasta ahora los resultados definitivos que eran de esperar, ello se ha debido, principalmente, al hecho de que los animales y plantas que han servido en las experiencias no han sido bien estudiados estadísticamente, y, en segundo lugar, que es casi imposible hallar individuos hereditariamente puros y uniformes*” (pág. 212).

El libro de Ebel (1936) continúa la línea ultracreacionista de Saint Gabriel, resultando más anacrónico. Once años antes, Drathen (1925) escribía que “*podemos afirmar que, con excepción del prof. Dr. A. Fleischmann de Erlangen, la totalidad de los biólogos modernos está a favor de la Evolución Orgánica*” (pág. 11). Guillermo Ebel afirma que el creacionismo “*no se opone al transformismo, ya que esta hipótesis transformista no puede explicar la primera aparición de los seres vivientes. De modo que evite la creación, puesto que la generación espontánea repugna científicamente*” (págs. 216-217). En una versión posterior (1952), sigue siendo antievolucionista, pero agrega: “*A pesar de las manifestaciones de la Santa Sede, a fines del siglo pasado y a principios del presente, desfavorables a la opinión afirmativa del origen animal del cuerpo humano, sus adherentes eclesiásticos declarados han ido en aumento durante los últimos cuarenta años. Citaremos solo algunos. El naturalista Ruschkamps S. J., quien declara en 1939 que está persuadido de su realidad; los abates P. M. Pirier y Humphrey, S. T. Johnson, quienes se esfuerzan por conciliar el origen animal con el dogma católico; el prehistoriador H. Obermaier; los profesores P. de Saint Seine S. J. y E. Bone S. J. quienes dan valor demostrativo a los argumentos paleontológicos; el cardenal Lienart en un artículo “Le chretien devant les progrès de la science”, publicado en “Etudes”, dic. De 1947.” (pág. 566).*

Cuando en 1940 se publicó una de las versiones del texto de Silva Figueroa, el sinteticismo no se consolidaba totalmente. Este libro aún mantiene como alternativas a las escuelas neolamarquista y neodarwinista: *“En resumen, las diversas hipótesis y teorías modernas sobre evolucionismo están basadas en las ideas de Lamarck y de Darwin, dando las unas mayor importancia al medio ambiente (neolamarckistas) y las otras atribuyendo valor preponderante a la variación por causas internas o cualidades innatas (neodarwinistas)”* (pág. 107). En algunos párrafos se manifiesta abiertamente lamarquista: *“En verdad las objeciones y hechos anotados no permiten la comprobación evidente de la hipótesis lamarckiana, pero ella representa la única explicación posible, dentro del referido criterio evolucionista, para comprender la admirable correspondencia y perfección de los diversos órganos en relación con las funciones que desempeñan”* (pág. 186). Carlos Silva Figueroa se manifiesta crítico con el darwinismo: *“Y así como los citados, hay en Biología una falange de hombres nuevos, que, siendo evolucionistas, no siguen ya el antiguo darwinismo, que en los tiempos actuales resulta un poco escolástico sin la frescura y vitalidad de los tiempos pasados, cuando fue motivo de ardientes controversias y apasionadas discusiones”* (1936:190; 1940, pág. 206-207). Pero, por otra parte, recoge las ideas neodarwinistas de la selección natural actuando sobre las mutaciones, base del sinteticismo: *“Debemos añadir únicamente que los neodarwinistas, con Hugo de Vries y Augusto Weismann a la cabeza, creen, al presente, que la selección natural actúa sobre las mutaciones (variaciones endógenas, y por lo tanto, hereditarias) que se realizan en los animales y en los vegetales, produciéndose de esta manera la evolución, en tanto que los darwinistas clásicos, igual que el fundador de la doctrina, tomaron como base de ella las variaciones fluctuantes de los seres, que, como sabemos hoy día, no son hereditarias”* (1940, pág. 199).

En 1960 la teoría sintética de la evolución estaba plenamente consolidada, pero el texto de Weiss y Horvat (1960) no la consigna. Tampoco se refiere a la hipótesis de Oparin sobre el origen de la vida. El sinteticismo aparece por primera vez claramente expuesto para la enseñanza media en Chile, en el texto de Glavic y Capurro (1965), en el cual se explica la teoría sintética en general, el principio de Hardy-Weinberg, los tipos de mutaciones, la especiación, el aislamiento reproductivo y la hipótesis de Oparin sobre el origen de la vida, incluyendo los experimentos que la apoyan. El libro de Fernando Jara (1966, 1969) no expone claramente la teoría sintética, aunque afirma que *“actualmente se acepta que la evolución es el resultado de tres factores principales: variación hereditaria, selección natural y aislamiento”* (1966, pág. 183; 1969, pág. 179). Respecto a las variaciones hereditarias, menciona a las mutaciones cromosómicas y génicas. Además, aborda el origen de la vida refiriéndose a los trabajos de Oparin y Stanley Miller.

Durante el período de postsíntesis, el texto de Horvat y Weiss (1979) recoge en un breve apartado los fundamentos del sinteticismo. Afirma que la “posición actual” considera a la población como unidad básica de la evolución y que en el proceso participan la mutación y la selección natural (Horvat y Weiss, 1979, pág. 199), entrega el ejemplo del melanismo industrial y esquematiza la especiación alopátrida (fig. 11-25).

Siete años después, Mireya Molina y María Eugenia Zárate (1985) presentan claramente las ideas básicas del sinteticismo: población mendeliana (Molina y Zárate, 1985, pág. 91), frecuencia de genes en las poblaciones (págs. 95-95), tipos de mutaciones (págs. 95-96), selección natural (págs. 96-99), migración de poblaciones (págs. 99-100), deriva génica (págs. 100-101), aislamiento de las poblaciones (págs 102-103). Explican además el origen de la teoría sintética. Hacen una mención vaga acerca de la postsíntesis, cuya única idea que recogen es la de la sociobiología: “*En el transcurso de los años posteriores a esa fecha han surgido contradicciones y problemas en los ámbitos de la genética, Biología, especiación y paleontología. Esta situación estaría propiciando la gestación de una nueva teoría de la evolución, y concomitante con ello la aparición de una nueva corriente, de los sociobiólogos, quienes pretenderían hacer extensivo a los fenómenos sociales el poder explicativo de la mencionada teoría sintética de la evolución*” (pág. 108).

El mismo año, Bartolomé Yankovic desarrolla ampliamente el tema “genética de poblaciones”: población y evolución (págs. 41-42), constitución genética de una población (págs. 42-44), ley de Hardy-Weinberg (págs. 44-50), aplicación de la ley de Hardy-Weinberg a una serie alélica (págs. 50-51) y alteraciones del equilibrio de Hardy-Weinberg (págs. 51-60). No incluye ideas de la postsíntesis.

El texto para cuarto año de educación media de Natalio Glavic y Nora Ferrada 1986 (y su reimpresión de 1991), también desarrolla las bases de la teoría sintética (1986 ó 1991, págs. 110-122): bases genéticas de la evolución (mutaciones, recombinación genética), genética de poblaciones, principio de Hardy-Weinberg, factores que pueden afectar el equilibrio genético (deriva genética, tasa de mutaciones, migraciones, reproducción diferencial selección natural), especiación, radiación adaptativa, especiación por poliploidismo, sobrevivencia y extinción. No hay ninguna mención a las ideas de la postsíntesis.

En la duodécima edición del texto de Alejandro Horvat y Carlos Weiss (1989), se desarrollan ampliamente las ideas sinteticistas bajo el título “*La teoría sintética de la Evolución*” (págs. 132-139), y se aborda el origen de la vida con referencias a los autores clásicos de la época, Oparin, Haldane, Stanley Miller, Sidney Fox (págs. 109-111). La única idea de la Postsíntesis que se menciona es el neutralismo: “*Si bien no todos reconocen que la deriva genética tenga importancia en la evolución, hay quienes estiman que es el mecanismo fundamental y proponen la llamada teoría neutralista de la evolución*” (pág. 139). En el libro de María Cecilia Lastra y cols. (1991) se hace una reseña de la teoría sintética de la evolución (págs. 172-173), de las ideas modernas acerca de especiación (pág. 173) y de genética de poblaciones (págs. 174-175). No hay referencia a los avances del período de Postsíntesis.

Ulises Hidalgo y cols. (1995) discuten las ideas de los autores clásicos del período de la Síntesis en relación con el origen de la vida, Oparin, Haldane, Miller, Orgel, sin referirse a los adelantos más modernos en el tema (págs. 248-249). Se refieren a los mecanismos de especiación (págs. 252-253): geográfica, simpátrida y por poliploidía (que erróneamente llaman *parapátrida*). También explican los mecanismos de aislamiento reproductivo (págs. 253-255) y los fundamentos del sinteticismo (págs. 259-260). Mencionan brevemente algunas de las modernas ideas que hemos incluido en el período de Postsíntesis: “*L. Margulis y D. Sagan plantearon una hipótesis que intenta explicar su aparición: La Teoría endosimbiótica...*” (pág. 250, se incluye luego una breve descripción de la hipótesis). “*Durante el presente siglo se han planteado otras teorías evolutivas que intentan explicar cómo se ha producido la evolución; entre ellas podemos mencionar: la teoría del equilibrio puntual (sic), planteada por Eldredge y Gould, la teoría neutralista, propuesta por M. Kimura. La teoría del equilibrio puntual (sic) sostiene que la evolución no tiene siempre un carácter gradual, como afirma la Teoría Sintética, sino que en muchas ocasiones se produce a saltos. La teoría neutralista afirma que la mayor parte de las mutaciones que sufre el genoma de una especie, origina genes neutros que no alteran la supervivencia de los organismos. Sin embargo, al heredarse estas mutaciones pueden modificarse y provocar la aparición de nuevas especies*” (pág. 260).

En la edición reciente del texto de Glavic y Ferrada (1998, págs. 206-224) se mantienen las bases de la teoría sintética, sin mencionar ideas de la época de la Postsíntesis. En un texto vigente de Biología para tercer año de Enseñanza Media (Flores y cols. 2001, pág. 123) se explican las restricciones al proceso adaptativo (restricciones estructurales e históricas del desarrollo, genéticas y fisiológicas), tema que ha sido desarrollado en los últimos años, durante la postsíntesis. No se mencionan otras ideas de este período.



El texto de Viviane Jerez Rodríguez (1998) no desarrolla ni siquiera los elementos básicos del sinteticismo, planteando solamente la comparación entre la herencia de los caracteres adquiridos con la selección natural, bajo el título de “*¿Pueden comprobarse las teorías lamarckianas y darwinistas?*” (págs. 40-41).

En los distintos textos revisados, se hacen referencias a las ideas evolucionistas o creacionistas de numerosos científicos. En algunos casos hay una simple mención, en otros una referencia general a sus ideas respecto a la evolución, en el caso de los autores más importantes se suele hacer una exposición y discusión de sus ideas, y a veces además se entrega una reseña biográfica o un retrato (o ambas cosas). A través de la historia del pensamiento evolutivo ha ido variando la valoración de estos distintos protagonistas, por lo tanto es interesante comparar cuáles y cómo han sido presentados en los distintos textos (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Evolucionistas y fijistas mencionados en los libros de Texto**

<b>AUTOR (AÑO)</b>	<b>RESEÑA BIOGRÁFICA O RETRATO JUNTO A DISCUSIÓN DE SUS IDEAS</b>	<b>EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE SUS IDEAS</b>	<b>REFERENCIA GENERAL A SUS IDEAS</b>	<b>SIMPLE MENCION O REFERENCIA MUY GENERAL</b>
Bürger (1902)		Lamarck C. Darwin	Linné Buffon Cuvier Geoffroy Haeckel	Wallace Oken Meckel Weismann E. Darwin Goethe Empédocles Anaximandro Müller
Quijada (1914)	Linné Cuvier, Lamarck Geoffroy Goethe Lyell C. Darwin Haeckel	De Vries Weismann	Aristóteles Rosa Nägeli	Wallace
Quijada (1917)	Linné Cuvier Lamarck Geoffroy Goethe Lyell C. Darwin Haeckel	De Vries Weismann	San Agustín Santo Tomás Aristóteles Lucrecio Nägeli	Spencer Wallace
Quijada (1923, 1925, 1930, 1934)	Linné Cuvier Lamarck Geoffroy Goethe Lyell C. Darwin	De Vries Weismann Wagner	San Agustín Nägeli Spencer Haeckel Müller	
Santier (1923)	Linné Cuvier Lamarck Geoffroy C. Darwin	Haeckel Spencer Nägeli De Vries Weismann Wallace	Cuvier Rosa Geoffroy Eimer Goethe Plate Cope E. Darwin Goldschmidt Hyatt	Huxley Vogt Zittel Picard Delage
Drathen (1925)	C. Darwin Haeckel Weismann Hertwig	Wagner Lamarck	Reinke Dennert Wasmann Mivart Monsabré HamardDesaulx Corluy Lyell CuvierDe Vries Francé Pauly Wagner	Anaximandro Empédocles Demócrito Epicuro San Agustín Sto Tomás Linné Wolf Plate Delage E Darwin Kant Selenca Wallace Hooker Gray Carpenter

				Vogt Müller Schmidt
Vivanco Mora (1930)	C. Darwin	Linné Lamarck Geoffroy De Vries	Cuvier Lyell Buffon Goethe	Haeckel
Panzarasa (1933)	Cuvier Linné Lamarck Geoffroy C. Darwin	De Vries Weismann Rosa	Goethe Oken E. Darwin	
Ebel (1936, 1952)	Cuvier Lamarck Geoffroy C. Darwin	Haeckel Müller Nägeli De Vries Weismann Wallace Lyell (Hertwig):1952	Huxley Linné Plate D'Orbigny Spencer Gaudry Marsh Cope	(Pierantoni): 1952
Vivanco Mora (1936)	Lamarck C. Darwin Haeckel Huxley Cuvier Geoffroy	Buffon Wagner Rosa Le Dantec Bergson		Gerard Wallace Lyell Goethe De Vries Romanes Gulick
Silva Figueroa (1936, 1940, 1957)	Linné Cuvier Lamarck De Vries C. Darwin Pasteur	Buffon Geoffroy Goethe Weismann Haeckel Jordan	Lyell Roux Nägeli Driesh Rosa Morgan	Wallace Tales Heráclito Teofrasto Platón Anaximandro Empédocles Aristóteles San Agustín Santo Tomás E. Darwin Spencer Poulton Galton Cuento Guyenot Mc Dovel Nilson
Weiss y Horvat (1960)	Linné Buffon Cuvier Lamarck C. Darwin De Vries		Goethe Geoffroy San Agustín Sto. Tomás Blaringen Morgan Weismann Le Dantec Delage	Van Hoff Maillet, Robinet Diderot R. Bacon Serres Müller Von Baer Lecomte du Noüy
Glavic y Capurro (1965)		Lamarck C. Darwin De Vries	Linné Buffon Cuvier Haeckel Wallace Weismann Oparin Fox Miller Redi Pasteur E. Darwin	Haeckel Empédocles Anaximandro Leucipo Buffon E. Darwin Lyell

Jara (1966, 1969)	Linné Buffon C. Darwin De Vries	Cuvier Lamarck Oparin Haldane Miller Fox		Calvin
Horvat y Weiss (1979) (* )	Lamarck C. Darwin De Vries	Haeckel	Geoffroy Linné Buffon Cuvier San Agustín Santo Tomás Redi Miller Oparin Von Baer	Tales Anaximandro Xenofontes Aristóteles Maillet Robinet Diderot Needham Spallanzani Pasteur Urey Pirie Terenin Van Hoff Fox Lyell Serres Meckel Lecomte du Noüy Rostand Spencer Müller Delage Le Dantec Roux Lotzky Rosa Korchinsky
Molina y Zárata (1985)		Lamarck, C. Darwin	E. Darwin Mayr Wallace De Vries Simpson Dobzhansky Weismann	Anaximandro Empédocles Fisher Ford Kettlewell Wright White Wallace
Yankovic (1985)	C. Darwin Lamarck Spallanzani	Linné	Aristóteles Van Helmont Redi Needham Spallanzani Pasteur	Wallace
Glavic y Ferrada (1986, 1991)	C. Darwin Dobzhansky Mayr Simpson	Lamarck De Vries Weismann	Linné Cuvier Lyell Wallace Hardy Weinberg	Tales Heráclito Empédocles Anaximandro Teofrasto San Agustín Santo Tomás
Horvat y Weiss (1989)	Lamarck C. Darwin	De Vries Haeckel	Linné Cuvier E. Darwin Oparin Haldane Miller Buffon Geoffroy	Urey Wright Fisher Hardy Weinberg Dobzhansky Fox Meckel Von Baer Serres Müller Kettlewell

Lastra (1991)		Lamarck C. Darwin	Lyell Linné Cuvier	Wallace Ray Müller
Hidalgo (1995) (**) (***)	C. Darwin	Lamarck Oparin	Fox Orgel Urey Miller De Vries Margulis Sagan Weismann Goldschmidt	Eldredge Gould Kimura
Mundigo y cols. (1997)		Lamarck C. Darwin De Vries Oparin	Linné Wallace Hardy Weinberg	Hutton Lyell
Glavic y Ferrada (1998) (**)	Lamarck C. Darwin	De Vries Weismann	Linné Cuvier Lyell Wallace Hardy Weinberg	Tales Heráclito Empédocles Anaximandro Teofrasto San Agustín Santo Tomás Mayr Simpson Dobzhansky
Jerez (1998)	Linné Lamarck C. Darwin	Buffon Haeckel Lysenko Cuvier Geoffroy	Vavilov	B. de Jussieu Serres E. Darwin Wallace
Flores, Hidalgo y Varela (2001)	C. Darwin	Lamarck Wallace	Aristóteles	Platón Mayr

(\*): fuera del programa oficial (\*\*): contenido electivo

(\*\*\*): se consideran solo contenidos de cuarto año medio. Los datos entregados corresponden a citas en el cuerpo del texto e ilustraciones.

A partir de esta muestra podemos estimar en forma aproximada cuáles han sido los científicos relacionados con el tema de la evolución biológica más valorados en los textos chilenos. Los científicos o filósofos relacionados directa o indirectamente con el tema de la evolución biológica mencionados en al menos uno de los 25 textos revisados, son un total de 127 personas. El texto que menos investigadores menciona, se refiere a seis de ellos (Flores y cols., 2001); los textos que mencionan a mayor cantidad incluyen a 42 Horvat y Weiss (1979) y 36 (Silva Figueroa, 1936 a 1957). Sin embargo, el libro de Drathen (1925) entrega, además, un apéndice con “*notas biográficas y críticas*” en el que incluye a 61 personas, las que no hemos considerado en este recuento por encontrarse en un apéndice fuera del cuerpo del libro.

Las referencias varían desde un análisis de la obra junto con datos biográficos y un retrato, hasta una simple mención. De las 127 personas consideradas, solamente en el caso de 18 científicos su obra se analiza con mayor profundidad y se acompaña con un retrato o reseña biográfica. En algunos textos, a ninguno de los científicos se le dedica ese tratamiento. De acuerdo con el número de textos en que aparecen en estas condiciones, estos 18 científicos más relevantes para el tema son, en orden de importancia: Charles Darwin (20), Jean Lamarck (14), George Cuvier (9), Carl von Linné (9), Etienne Geoffroy de Saint Hilaire (7), Ernst Haeckel (5), Hugo de Vries (4), Charles Lyell y Johann Wolfgang Goethe (3 c/u), Georges Louis Leclerc conde de Bufón y Oscar Hertwig (2), Louis Pasteur, Thomas Henry Huxley, Lazaro Spallanzani, August Weismann, Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr y George Gaylord Simpson (1 c/u).

Si a los 18 científicos mencionados agregamos a aquellos cuyas ideas se exponen y discuten en alguna medida, aunque sin estar acompañados por datos biográficos o retratos, se agregan otros catorce investigadores, por lo tanto la lista sube a 32 personas, y a las 95 personas restantes solamente se les menciona en uno o más textos en forma general o vaga. Los 14 científicos o filósofos adicionales son: Alexander Oparin (3), Alfred Russell Wallace (3), Moritz Wagner (3), Carl Naegëli (2), Daniel Rosa (2), Henri Bergson (1), Félix Le Dantec (1), Sydney Fox (1), John B. S. Haldane (1), Herbert Spencer (1), Fritz Müller (1), Stanley Miller (1), Trofim Lysenko (1) y David Starr Jordán (1). De las 31 personas mencionadas en estas dos categorías, en los 25 textos se incluyen a Charles Darwin y Jean Lamarck, en 16 a Hugo De Vries, en 11 a Georges Cuvier y a Carl von Linné, en 10 a Etienne Geoffroy de Saint Hilaire y en 9 a Ernst Haeckel. Todos los demás son considerados bajo las condiciones señaladas, en menos de siete textos.

Mayor interés tiene analizar cómo ha variado a través de los años la importancia que han atribuido los textos de estudio chilenos a estos distintos científicos o filósofos relacionados con el tema evolutivo. Si en los casos en que hay una simple mención otorgamos un punto, en los que hay una referencia general a sus ideas respecto a la evolución dos puntos, tres puntos para aquellos en que se hace una exposición y discusión de sus ideas, y cuatro para los que además se entrega una reseña biográfica, un retrato, o ambas cosas, obtenemos el siguiente ranking de quienes fueron considerados como los principales científicos en relación con el evolucionismo en cada época y el puntaje total (los que son comparables dentro de cada grupo solamente, porque en los distintos períodos se consideraron cantidades diferentes de textos):

Durante el período agnóstico o “eclipse del darvinismo” (1901 a 1935):

- Charles Darwin (1809-1882): 27
- Carl von Linné (1707-1778): 26
- Jean Lamarck (1744-1829): 25
- Georges Cuvier (1769-1832): 24
- Etienne Geoffroy de Saint Hilaire (1772-1844): 23
- Ernst Haeckel (1834-1919): 20
- Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832): 19
- Hugo de Vries (1848-1935): 17
- August Weismann (1834-1914): 17

Durante la etapa de la síntesis evolutiva (1936 a 1968):

- Charles Darwin (1809-1882): 23
- Jean Lamarck (1744-1829): 22
- Georges Cuvier (1769-1832): 21
- Hugo de Vries (1848-1935): 19
- Carl von Linné (1707-1778): 18
- Georges Louis Leclerc conde de Buffon (1707-1788): 17
- Etienne Geoffroy de Saint Hilaire (1772-1844): 13
- Ernst Haeckel (1834-1919): 13
- August Weismann (1834-1914): 10
- Alfred Russell Wallace (1823-1913): 7
- Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832): 6

Durante la Postsíntesis (1969 a la fecha):

- Charles Darwin (1809-1882): 41
- Jean Lamarck (1744-1829): 38
- Hugo de Vries (1848-1935): 20
- Carl von Linné (1707-1778): 19
- Alfred Russell Wallace (1823-1913): 15
- Georges Cuvier (1769-1832): 13
- August Weismann (1834-1914): 10
- Alexander Oparin (1894-1980): 10
- Ernst Haeckel (1834-1919): 9
- Theodosius Dobzhansky (1900-1975): 8
- Ernst Mayr (1904-): 8
- Charles Lyell (1797-1875): 8
- Georges Louis Leclerc conde de Buffon (1707-1788): 7
- Godfrey Harold Hardy (1877-1947): 7
- Wilhelm Weinberg (1862-1937): 7

En casi todos los textos revisados se considera a Charles Darwin (1809-1882) y a Jean Lamarck (1744-1829) como los principales teóricos del evolucionismo, y a Georges Cuvier y Carl von Linné como los principales fijistas. A inicios del siglo XX eran muy valoradas las ideas de Etienne Geoffroy de Saint Hilaire (1772-1844), que proclamó la unidad general del reino animal, pero gradualmente se le dio menos importancia. Visto desde el punto de vista actual, su aporte no puede ponerse al nivel de los principales evolucionistas, porque no logró especificar un mecanismo evolutivo, simplemente insistía sobre la acción directa del ambiente, idea que perdió vigencia con los avances de la genética.

Ernst Haeckel (1834-1919) también fue muy valorado, pero luego cayó en descrédito debido a sus ideas muy especulativas y porque fue acusado de falsificar evidencias (Santier Saint Gabriel, 1923, págs. 124-126; Panzarasa, 1933, pág. 15; Ebel, 1936, pág. 259; Pennisi, 1997), acusación que ya había sido realizada por Adam Sedgwick en 1894 (Coyne, 2001).



Ernst Haeckel (1834-1919) consideraba como los fundadores del evolucionismo a Johann Wolfgang Goethe, a Charles Darwin y a Jean Lamarck, incluso colocó estos tres nombres como subtítulo a su "*Historia de la Creación*" (Bowler, 1985, págs. 37, 128). Sin embargo, Johann Goethe ya aparece en un plano secundario en los textos antiguos, y luego ha dejado de tener alguna importancia. Los aportes de Johann Goethe no se refirieron al mecanismo evolutivo, como los de Jean Lamarck y Charles Darwin, sino a tres problemas muy específicos: la presencia del hueso premaxilar en el ser humano, la teoría vertebral del origen del cráneo (hoy abandonada) y la estructura de las flores como derivada de hojas. En realidad, Johann Wolfgang Goethe no fue un evolucionista en el sentido de Jean Lamarck o Charles Darwin, sino más bien era partidario de la doctrina de las formas ideales, no ancestrales, comunes a las especies (Drathen, 1925, pág. 148; Richards, 1998, págs. 55-56). Sin duda la exagerada importancia que atribuyó Ernst Haeckel al aporte de Johann Wolfgang Goethe hizo que se le destacara en los antiguos textos de estudio.

En la opinión de Ernst Haeckel respecto a la importancia de Johann Wolfgang Goethe para el evolucionismo existe un sesgo de tipo nacionalista, porque ambos eran alemanes. El mismo fenómeno se aprecia en algunos autores de texto. El profesor Otto Bürger, nacido en Alemania, se refiere a 16 científicos, de los cuales seis son alemanes (Haeckel, Oken, Meckel, Goethe, Weismann, Müller) y cuatro franceses (Lamarck, Buffon, Cuvier, Geoffroy). En cambio, de 13 científicos que considera la profesora Viviane Jerez Rodríguez (1998), quien estudió en la Université Pierre et Marie Curie, Francia (<http://www.natura.udec.cl/departamentos/zoologia/html/docentes/jerez.htm>), seis son franceses (Lamarck, Buffon, Cuvier, Geoffroy, de Jussieu, Seres) y solo uno alemán (Haeckel). En el texto de Viviane Jerez, además, se incluyen dos fotografías del Museo Nacional de Historia Natural de París (pág. 16) y una lectura acerca de la importancia de aquel centro para el desarrollo de las ciencias naturales (pág. 19).

El genetista holandés Hugo de Vries (1848-1935) y el fisiólogo alemán August Weismann (1834-1914) están en general entre los autores considerados importantes en la historia de las ideas evolucionistas. La importancia relativa de Hugo de Vries ha aumentado, probablemente por la importancia que la biología actual le otorga al papel de las mutaciones en el mecanismo evolutivo. También se observa un mayor reconocimiento al aporte de Alfred Russell Wallace, como codescubridor el otro principio evolutivo básico, la selección natural. En los textos del período de la postsíntesis han tomado importancia científicos más modernos, como Alexander Oparin, Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr, Godfrey Hardy y Wilhelm Weinberg.

En los libros publicados en el “eclipse del darwinismo” (1901 a 1935) se citan 12 evolucionistas teístas (San Agustín, Santo Tomás, Asa Gray, Johannes Reinke, Eberhard Dennert, Erich Wasmann, St. George J. Mivart, Jacques-Marie-Louis Monsabré, Hamard, Desaulx, Corluy, Daniel Rosa, la mayoría citados por Theo Drathen, que simpatiza con esa corriente), 10 darwinistas o neodarwinistas (Charles Darwin, Alfred Russell Wallace, Charles Lyell, Ernst Haeckel, August Weismann, Ludwig Plate, Thomas Henry Huxley, Joseph Dalton Hooker, Fritz Müller y William B. Carpenter), a 5 lamarquistas o neolamarquistas (Jean Lamarck, Herbert Spencer, Yves Delage, R. Francé, August Pauly), 4 ortogeneticistas (Karl Nägeli, Theodor Eimer, Alpheus Hyatt, Edward Cope), 2 mutacionistas (Hugo De Vries, Richard Goldschmidt) y un aislacionista (Moritz Wagner).

En textos del período de la síntesis evolutiva (1936 a 1968) se mencionan 9 darwinistas o neodarwinistas (Charles Darwin, Alfred R. Wallace, Charles Lyell, Ernst Haeckel, Weismann, Thomas H. Huxley, Ludwig Plate, George Romanes, Fritz Müller), 5 lamarquistas (Jean Lamarck, Felix Le Dantec, Yves Delage, Alfred Giard, Edmond Perrier), 5 teístas (San Agustín, Santo Tomás, Rosa, Henri Bergson, Hans Driesch), 2 mutacionistas (Hugo De Vries, Thomas Hunt Morgan), 2 aislacionistas (Moritz Wagner, Gulick) y un ortogeneticista (Karl Nägeli). En los textos de la Postsíntesis (1969 a la fecha) se mencionan 10 sinteticistas (Ernst Mayr, George G. Simpson, Theodosius Dobzhansky, John B. S. Haldane, Alexander Oparin, Sidney Fox, Orgel, Harold Urey, Stanley Miller, Sewall Wright), 5 darwinistas o neodarwinistas (Charles Darwin, Alfred Russell Wallace, Ernst Haeckel, August Weismann, Charles Lyell), 5 postsinteticistas (Niles Eldredge, Stephen Jay Gould, Motoo Kimura, Lynn Margulis, Dorion Sagan), 5 fisheristas (Ronald A. Fisher, Godfrey Harold Hardy, Wilhelm Weinberg), 2 mutacionistas (Hugo De Vries, Richard Goldschmidt) y un lamarquista (Jean Lamarck).

Se observa en forma aproximada el reemplazo de algunas corrientes como predominantes dentro del pensamiento evolucionista, y la pérdida de crédito de escuelas como el lamarquismo, el ortogeneticismo y el evolucionismo teísta. También se incluyen otros autores, como precursores, como fijistas o no asignables con claridad a escuelas. La atribución de los científicos a una escuela de pensamiento es aproximada, en algunos casos cambiaron de posición durante su vida, o apoyaron simultáneamente a más de una corriente; por ejemplo, Edward D. Cope (1840-1897) fue uno de los fundadores del ortogeneticismo, pero también simpatizaba con las ideas lamarquianas. Además, en el interior de cada escuela de pensamiento hubo a menudo diferencias de opiniones entre sus principales representantes, de modo que es muy difícil definir, por ejemplo, quién es un “darwinista” (Mayr, 1992, págs. 102-119), o quien un “neolamarquista” (Radl, 1988a, pág. 334).

La clasificación de las ideas de San Agustín (354-430) y Santo Tomás de Aquino (1225-1274) y sus similitudes con las opiniones de Jean Lamarck o de Charles Darwin, son discutibles. Quijada no los considera en la edición de 1914, pero incluye a ambos entre los evolucionistas en la edición de 1917 (pág. 10 y 11) y de 1923 en adelante (pág. 33): “A *San Agustín (354-430)*, por ejemplo, no se le había escapado este progreso continuo de los seres vivos...”.

El sacerdote Santier Saint Gabriel (1923), fijista, desmiente: “*Algunos Evolucionistas afirman (por ejemplo el señor Quijada) que algunos Padres de la Iglesia han sido Evolucionistas. ¿Será cierto? Nó, señor; y Vd. se va a dar cuenta por si sólo de la verdad... Algunos Padres de la Iglesia expresaron su modo de pensar acerca del primer origen de todos los vegetales y animales, es decir de cómo Dios los produjo todos, cada especie aparte... Los Evolucionistas deberían más bien, si acaso saben apreciar el genio y talento de San Agustín y de otras lumbreras del mundo católico, estudiar su doctrina y moral, para moralmente elevarse hacia Dios, en vez de trabajar tanto para probar su parentesco total con los seres inferiores*” (págs. 316-317). Estas frases aparecen con ligeras modificaciones en Panzarasa (1933, pág. 54).

Sin embargo, otro sacerdote católico, Theo Drathen (1925), que no descarta la “hipótesis evolucionista” asegura que “*San Agustín... confiesa explícitamente su opinión, que es muy probable que la vida en la Tierra empezó con formas inferiores que llevaban en sí las fuerzas orgánicas de desarrollarse en dirección hacia la Flora y Fauna de hoy (“primordia, involucra primordalia...seminaliter, potentialiter, causaliter...” son las expresiones que él acumula para hacer entender que quiere expresar el estado primordial y sencillo del principio y la actividad propia de los seres criados para llegar a su perfección). Santo Tomás (el más célebre de los filósofos de la época filosófica de la Edad Media) aplaude la explicación de S. Agustín y dice que a él le gusta también esta opinión más que otras.*” (págs. 144-145).

Carlos Silva Figueroa, evolucionista, dice que respecto al origen de la vida, la opinión de Charles Darwin coincide con la de San Agustín: “*En este punto, Darwin está de acuerdo con San Agustín, que interpretó este problema en el mismo sentido, siendo suya la opinión que las entidades vivientes pudieron haberse desarrollado, en el transcurso de los tiempos, de gérmenes originarios o “potencias originarias” creadas por Dios*” (1936, pág. 180; 1940, págs. 195-196).

Los sacerdotes Alejandro Horvat y Carlos Weiss (1979, pág. 166), aceptando la evolución, reproducen textos de ambos Padres de la Iglesia: “*San Agustín en el Comentario (L. Vº., C. 15, Nº 14) dice: “En forma parecida (creó) a los animales terrestres, como los más recientes entre los últimos elementos del mundo, sin embargo los creó potencialmente, para que, con el correr del tiempo, su número fuera apareciendo”.* “*Santo Tomás, en la Suma Teológica (1, q. 73, a 1 ad 3) dice: “Las especies nuevas, si algunas aparecen, han preexistido en algunas fuerzas activas”...*, poco más adelante afirma que tales fuerzas han sido recibidas (por lo tanto no propias), se entiende, del Creador”. En la tercera edición (1960, pág. 224), en la que tienen una posición casi neutral, también incluyen a San Agustín y Santo Tomás como evolucionistas; sin embargo en 1989 estos párrafos se eliminaron. En síntesis, los evolucionistas, especialmente católicos, aceptan que San Agustín planteó ideas evolucionistas, en cambio los fijistas católicos lo niegan. Creacionistas no católicos también incluyen a San Agustín entre los pensadores evolucionistas. Roger E. Dickson, profesor de Misiones, Biblia y Apologética Cristiana en *White’s Ferry Road School of Biblical Studies* (West Monroe, Louisiana) y miembro de la *Evangelical Theological Society*, opina: “*Agustín fue obispo de Hipona, en el norte de África. Sus obras apologéticas han sido incorporadas a las enseñanzas de la Iglesia Católica Romana durante varios siglos. Agustín podría ser considerado como un evolucionista teísta. Se inclinó en gran manera hacia una interpretación alegórica del Libro del Génesis en la Biblia, y promovía abiertamente un concepto evolucionista en oposición a la creación específica. Agustín creía en Dios, pero creía que la creación era el resultado de un proceso natural y no de un acto creador especial de Dios*” (Dickson, 1986, pág. 151).

Otra interpretación que difiere entre los diversos autores, se relaciona con la teoría lamarquista. Bernardino Quijada (1923, pág. 33) dice que Jean Lamarck y eminentes doctores de la Iglesia, como San Agustín, aceptaban la existencia de una “*tendencia complicadora inherente al protoplasma o principio evolutivo interno impulsor*”. Silva Figueroa (1936) comenta: “*Estas ideas de Lamarck acusan un concepto vitalista respecto del protoplasma, puesto que le atribuye cierta tendencia innata a complicar su estructura, a progresar en beneficio del organismo viviente*” (pág. 165). Otros autores de textos de estudio también atribuyen esta idea a Lamarck (Santier, 1923, pág. 177; Ebel, 1936, pág. 161; Vivanco Mora, 1930, pág. 13; 1936, pág. 108; Ebel, 1952, pág. 495; Horvat y Weiss, 1979, pág. 191; Hidalgo y cols. 1995, pág. 256). En cambio, ni Drathen (1925, pág. 145-146) ni Molina y Zárata (1985, pág. 106), ni Glavic y Ferrada (1986 ó 1991, pág. 105-106; 1998, págs. 198-199) incluyen a esta supuesta “*tendencia complicadora*” entre los factores evolutivos de la teoría lamarquiana.

En su análisis sobre la obra de Lamarck, John Humphreys (1996, pág. 299) manifiesta: *“Tales series también podrían haber sido tomadas para sugerir un mecanismo evolutivo que implica una tendencia innata al desarrollo progresivo de complejidad gradualmente creciente. Tal mecanismo progresivo, como hemos visto, habría tenido fuerte influencia en Lamarck como un deísta y poco a poco fue incorporado en su mecanismo para el cambio evolutivo”*.

Varios investigadores e historiadores de la Ciencias también consideran a Jean Lamarck como partidario de una fuerza interna que los lleva a aumentar su complejidad (por ejemplo, Padoa, 1963, pág. 236; De Beer, 1970, pág. 15; Darwin, 1977a, págs. 46, 152; Gould, 1983b, pág. 90; Bowler, 1985, pág. 72; Miller y Van Loon, 1995, pág. 41; Jensen y Finley, 1995, pág. 152; Sober, 1996, pág. 32; Ridley, 1996, pág. 6; Cavarnos, 1997, pág. 25; Young, 1998, pág. 90; Rudolph y Stewart, 1998, pág. 1072). Esta interpretación proviene de la crítica que realizó Charles Darwin a la obra de Lamarck. En su bosquejo histórico, que antecede a *El Origen de las Especies*, le atribuyó una supuesta *“ley de desarrollo progresivo”*, por la cual las especies tenderían a progresar (Darwin, 1977a, págs. 46).

Lamentablemente, Jean Lamarck no fue muy claro en la exposición de sus ideas, por lo cual a veces se le ha interpretado como un vitalista y otras como un mecanicista (Radl, 1988a, pág. 321). Según Monroe W. Strickberger, *“algunas veces Lamarck atribuía la evolución progresiva a alguna propiedad intrínseca, mística y vitalista de la vida (un “feu étheré”, un fuego etéreo), mientras que otras negaba la existencia de tales causas sobrenaturales”* (Strickberger, 1993, pág. 22).

En su *Filosofía Zoológica*(1986), Jean Lamarck no hace referencia alguna a esa supuesta fuerza interna, lo que él realmente defiende es la idea de la “escala” unidireccional: *“Voy a demostrar que dando la Naturaleza, con ayuda de mucho tiempo, la existencia a todos los animales y vegetales, ha formado realmente en cada uno de ambos reinos una verdadera escala, relativamente a la composición creciente de la organización de estos seres vivientes”*. Lamarck habla de *“fluidos vitales”* que se mueven en el interior del organismo actuando sobre los sólidos y provocando el mayor desarrollo de ciertas partes, de manera que a partir de esto puede considerarse que su punto de vista era mecanicista, como Laplace.

En otro texto de Jean Baptiste Lamarck queda claro que, a diferencia de muchos neolamarquistas, rechazó la idea de alguna fuerza vital inherente al protoplasma.

Lamarck escribió: *“Es un verdadero error el atribuir un propósito, una intención a la Naturaleza en sus operaciones. No podría tenerla, ya que no es una inteligencia, un ser particular. Todo lo que hace lo hace necesariamente; y si los resultados de sus actos parecen a menudo propósitos previstos y combinados, es porque está dirigida en todos sus aspectos por leyes constantes... Es sobre todo en los cuerpos vivos donde se ha creído ver un propósito en las operaciones de la Naturaleza. Este propósito, sin embargo, es, como en otros casos, solo una simple apariencia y no una realidad.”* (Lamarck, 1810-1814, *Appercu analytique des connoissances humaines*, 1ª parte, págs. 18-19; reproducido por Vachon, Rousseau y Laissus, 1972, pag. 75).

El famoso naturalista alemán Ernst Haeckel planteó en su *“Historia de la creación natural”* (reproducido en Lamarck, 1986, pág. vii): *“La obra de Lamarck es verdaderamente, plenamente y estrictamente monística, es decir, mecánica; así la unidad de las causas eficientes en la naturaleza orgánica y anorgánica, la base fundamental de estas causas atribuida a las propiedades físicas de la materia; la ausencia de una fuerza vital especial ó de una causa final orgánica...”*. Ernest Boesiger explica: *“Lamarck era un materialista. Rehúsa claramente estudiar las “causas primeras” o las fuerzas metafísicas. Las causas que actúan y que nosotros podemos observar en la actualidad resultan harto suficientes para el mantenimiento de la vida y para la evolución de los organismos”* (en Ayala y Dobzhansky, 1983, pág. 48). Coincidentemente, Alonso González (1992, pág. 56) dice: *“Por tanto, algunas expresiones de la obra lamarckiana que parecen, a primera vista, tener connotaciones vitalistas, deben ser interpretadas correctamente: En la teoría de la evolución de Lamarck no hay lugar para tendencias misteriosas de la vida a la perfección, porque las tendencias de la vida se basan en mecanismos de interacción entre fluidos y sólidos, a los que el autor atribuye la propiedad de autoinducción”*. Otros libros recientes concluyen que Jean Lamarck negaba la existencia de fuerzas vitales internas (revisados por Alonso, 2002, pág. 92).

Como curiosidad se puede advertir que Vivanco Mora duda de la veracidad de la hipótesis de la “tendencia complicadora del protoplasma” porque confunde los términos “protoplasma” con “citoplasma”. En efecto, dice: *“Es cosa un tanto difícil de dilucidar, ya que podría ella radicar en el núcleo y no en el protoplasma, dado el caso de que en los tiempos en que vivió el naturalista francés poco se conocía de la estructura celular en lo que dice relación con otros elementos que no fuera el protoplasma de la célula”* (1936, pág. 108). En su descripción y dibujo de la célula se puede verificar que efectivamente denomina “protoplasma” al “citoplasma” (1936, pág. 16).

Se discute la posición de Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) respecto al evolucionismo. En algunos de los textos no se le menciona, en otros se exponen ampliamente sus estudios. Para Humberto Vivanco Mora, habría tenido el mérito de incorporar al evolucionismo al campo científico: “*Las concepciones evolucionistas que se mantuvieron en el dominio de la filosofía pura, se incorporaron a la biología positiva con Buffon...*” (1930, pág. 11). Según Carlos Silva Figueroa (1936, pág. 160; 1940, pág. 175) “*habiendo defendido hasta 1761 la constancia de las especies, se convirtió en un extremado transformista...*”. Opiniones similares entregan Fernando Jara (1969, pág. 170) y Alejandro Horvat y Carlos Weiss (1979, pág. 169). Sin embargo, su situación no es simple. Charles Darwin lo consideró entre los precursores de la teoría de la descendencia con modificación, incluyéndolo entre los naturalistas que “*han creído que las especies sufren modificaciones, y que las formas orgánicas existentes son las descendientes, por verdadera generación, de formas preexistentes*”, pero agrega que “*sus ideas fluctuaron mucho en diferentes períodos y no entra en las causas o medios de la transformación de las especies*” (Darwin, 1977a, págs. 45-46). Concordando con la primera opinión de Charles Darwin señalada, Giuseppe Montalenti (1976, pág. 32), lo considera “*el más importante precursor de Darwin y Lamarck*”, Lee M. Spetner (1998, pág. 6) como el “*primero de los evolucionistas influyentes modernos*” y David Burnie (2000, pág. 36) dice que planteó “*algunas de las primeras conjeturas modernas sobre la evolución*”. Según Émil Guyenot (1964, pág. 16), el conde de Buffon “*no vaciló en exponer sin rodeos su punto de vista transformista*” y “*formuló claramente el principio de esa selección natural que debía constituir más tarde el eje de la tesis sostenida por Darwin*”. Wilson McCord (2001, pág. 71), afirma que “*Llegó a plantear por separado casi todas las ideas principales que Darwin reuniría en su teoría sobre el origen de las especies*”. En cambio, según Magdalena Porro (2002, pág. 16), “*él pensó en la posibilidad de que varias especies descendieran de un ancestro común, pero la desechó de raíz*”.

Hay quienes suponen que Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, era evolucionista y que su ocasional apelación a actos independientes de creación divina como explicación del origen de las especies fue una estrategia para evitar controversias y censuras eclesiásticas. Esta opinión se basa en que había tenido algunas querellas con los teólogos con motivo de su *Théorie de la Terre*, ante la Facultad de Teología de la Sorbona de París, que en 1751 le forzó a retractarse, debió declarar que sus ideas no eran más que “*puras especulaciones filosóficas sin ningún valor frente a la Biblia*” y en el volumen IV de su *Histoire Naturelle* debió agregar una rectificación (Wendt, 1958, págs. 99-104; Carter, 1959, pág. 43; Rostand, 1966, pág. 41; Wendt, 1968, págs. 77-80; Montalenti, 1976, pág. 33; Smith, 1977, pág. 329; Schwoerbel, 1988, págs. 59-60; Papp, 1993, pág. 263-264).

George S. Carter (1959, pág. 43) comenta: *“Después de suponer que todas las especies de esas familias podrían derivarse de una sola, añadió esta frase de una dudosa sinceridad: “Pero no es cierto, por revelación, todos los animales han disfrutado igualmente de la gracia de la Creación””*. Wolfgang Schwoerbel (1988, pág. 60) se pregunta al respecto: *“¿Convicción religiosa o astucia mundana?. Hay quienes consideran a Buffon como el maestro de la razón práctica; otros, en cambio, opinan que Buffon poseía genio, pero poco carácter”*.

Emanuel Radl (1988, pág. 288-289) opina que Buffon consideraba que las especies no existen, solo existen individuos, pero que sin embargo en ciertos pasajes habla de la transformación de una especie orgánica en otra y por otra parte concibe a los animales como modelados de acuerdo con un prototipo inmutable. Miguel Angel Puig-Samper (1992, pág. 7), en cambio, opina que Buffon consideraba a la categoría de “especie” como algo real y que dejó de considerar la fijeza de las especies en 1766, cuando se pronuncia a favor de la evolución regresiva. Richard Milner (1995, pág. 97) también considera que Buffon se convenció en 1766 de el hecho que especies relacionadas pueden haber surgido desde un antepasado común.

Jean Rostand (1966, págs. 37-52) piensa que Buffon comenzó siendo un fijista, pero que su pensamiento cambió hasta llegar a ser un “transformista limitado”. Giuseppe Montalenti (1976, pág. 35-36) opina igualmente que Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, cambió sus ideas, siendo inicialmente partidario de la inmutabilidad de las especies y enunciando posteriormente principios transformistas, pero reconoce que el pensamiento de Buffon no siempre fue claro y definido, y que nunca desarrolló sus ideas transformistas.

Montserrat Cabello y Silvia Lope (1987, pág. 14) opinan que *“En un primer momento, cree en la inmutabilidad de las especies, pero a medida que progresa su trabajo y estudia las faunas de los diferentes continentes va cambiando de opinión y enuncia principios transformistas...”*...”Buffon no desarrolló sus tesis, pero dejó en su obra, muy difundida, el germen de un pensamiento que, poco después recogería Lamarck, quien le dio forma enunciando la primera, completa y consciente teoría evolucionista. Sin embargo, Buffon no era un evolucionista en el sentido moderno, pues no sostenía que los animales más complejos y perfectos se habían desarrollado con el tiempo a partir de formas simples y primitivas. Por el contrario, creía que en su mayoría las diversas especies orgánicas eran otras tantas formas degeneradas de un tipo original más perfecto o de varios”.



Por el contrario, Sir Gavin de Beer (1970, pág. 14) afirma: *“Otros sabios que especulaban sobre la posibilidad de la transmutación de las especies, terminaron por creer en su inmutabilidad, incluyendo al botánico Adanson (1727-1806) y al zoólogo Buffon (1707-1788)”*. Efectivamente, el conde de Buffon, en su obra fundamental, *“Histoire Naturelle”*, que comenzó a publicarse en 1749, manifestó la posibilidad del origen común de seres vivientes, surgidos mediante degeneración o perfección de formas ancestrales, y en 1753 pareció apoyar la constancia de las especies (Templado, 1974, pág. 26).

Sin embargo, según Milner (1995, pág. 97), *“en 1766 Buffon se convenció de que las especies relacionadas podían surgir de un mismo antepasado común”*. David Young (1998, pág. 68) opina: *“Es difícil estar seguros de si estas ideas constituyen una primera teoría de la evolución. El mismo Buffon titubeaba en su opinión sobre si se producen verdaderas especies nuevas por estos mecanismos, y de todas formas solo admitía un grado limitado de cambio”*.

José Sarukhán (1988, pág. 31) plantea: *“En resumen, se puede uno preguntar si Buffon, a pesar de haber tratado aspectos evolutivos, puede considerarse como un precursor de ideas coherentes acerca de la evolución. Mi respuesta es que no. La inconsistencia de las ideas de Buffon sobre la evolución pueden explicarse en parte como causada por el ambiente intelectual en el que vivió, ya que los teólogos de la Sorbona imponían una censura inmisericorde a los libros científicos que se publicaban en Francia, al grado de que, en ocasiones, Buffon tuvo que retractarse de algunas afirmaciones e ideas. Además, Buffon se encontraba claramente bajo la influencia del deísmo”*.

Para Jacques Roger (1983, pág. 13), Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, no fue transformista, pero contribuyó indirectamente al surgimiento del evolucionismo al plantear las preguntas correctas. Pedro Insua Rodríguez (2002) plantea que *“si bien Buffon no “creía” en actos separados de creación, tampoco “creía” en la modificación de las especies”*.

### 15.5. Tradición o innovación.

Ediciones sucesivas de los mismos textos presentan diferencias en mayor o menor grado. Es interesante considerar los cambios principales introducidos en sus contenidos, que pueden mostrar cómo fueron cambiando algunos puntos de vista.

Precedentemente hemos hecho algunos comentarios respecto a cambios entre las ediciones tercera (1914), cuarta (1917) y séptima (1923) del libro de Bernardino Quijada. Hemos comentado que aumenta el número de ejemplos chilenos, que disminuye la importancia concedida inicialmente a Ernst Haeckel, que agrega entre los evolucionistas a San Agustín, Herbert Spencer y Max Müller, que amplía los comentarios contra el supuesto papel del uso y desuso de los órganos en la evolución y que suaviza su lenguaje en contra del creacionismo y a favor del evolucionismo.

Entre la tercera y la séptima ediciones del mencionado libro de Bernardino Quijada existen otros cambios importantes: introduce las leyes de Mendel (1923, págs. 21 a 24), agrega argumentos a favor de la hipótesis de Kant-Laplace sobre el origen de la Tierra (1923, pág. 27), comenta que la generación espontánea es válida para épocas antiguas, aunque no sea extensiva a las épocas actuales (1923, pág. 28). Si bien conserva el retrato y la biografía de Goethe, lo elimina como un apartado especial dentro del texto, del mismo modo que elimina un antiguo apartado acerca de la refutación de la teoría cuvierana por parte de Lyell. En la exposición de las ideas de Charles Darwin, se amplía la información sobre herencia y variación (1923, pág. 50).

De este libro se produjeron 11 ediciones. Lamentablemente no hemos podido revisar ejemplares de las dos primeras, sin embargo a juzgar por el número de páginas (168, 172), similares a la tercera (171) las diferencias entre ellas aparentemente fueron poco importantes (aunque existieron al menos entre la segunda y la tercera, de acuerdo con el comentario publicado por el profesor Edmundo Larenas). Entre la tercera edición (1914) y la cuarta (1917), se produjeron los cambios mencionados, y el número de páginas subió significativamente, a 203. La quinta edición (1919), que no hemos podido revisar, subió a 230 páginas. A partir de la sexta edición (1920) y hasta la última, undécima (1934), el número de páginas se estabilizó en 173, y las diferencias son mínimas. En todas estas ediciones, que en muchos casos no son más que reimpressiones, se lee "*Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades. Aprobado por la Facultad de Humanidades en su sesión del viernes 28 de diciembre de 1917*", lo cual demuestra que es prácticamente un mismo texto. La única diferencia apreciable en el texto es que a partir de la décima edición se intercala entre las páginas 24 y 25 un comentario acerca de la aplicación de las leyes de la herencia al ser humano. La única diferencia entre la undécima edición (1934), póstuma, y las anteriores es que aunque se conservan las mismas ilustraciones, la mayoría de ellas se dibujaron de nuevo y se reemplazaron los antiguos retratos por nuevos (de mejor calidad gráfica pero, a decir verdad, casi irreconocibles).

En la edición de 1914 del libro de Quijada hay un apartado sobre “*selección en la vida humana*”, que de acuerdo con una nota a pie de página se basa en la obra de Haeckel (pág. 47). Esta parte fue eliminada en la edición de 1923, y reemplazada por “*la selección natural como factor transformador de las especies*”. Además, se eliminaron los acápites relativos a “*trascendencia científica i filosófica de la teoría darwiniana*” y “*defectos de la teoría darwiniana*”, que se encuentran entre las páginas 49 y 51 de la edición de 1914. Por el contrario, se amplía considerablemente la información sobre las mutaciones, que en 1914 ocupa las páginas 51 a 54 y en la edición de 1923 desde la página 64 a la 73. Se agrega la “*influencia de la segregación jeográfica o aislamiento topográfico (Wagner)*” (págs. 73 y 74), y se eliminan tres apartados de la tercera edición: “*la teoría evolucionista moderna – neo lamarkismo i neo darwinismo*”, “*teoría de Weismann*” y “*teoría de la discontinuidad de los tipos*”.

El principal cambio que se advierte en el tratamiento del mecanismo evolutivo, a través de estas páginas, es el paso de la exposición de una serie de teorías alternativas a la presentación de los factores que influyen sobre el proceso evolutivo. Por ejemplo, el título que en la edición de 1914 se denomina “*la teoría de las mutaciones o variaciones bruscas*” (pág. 51), en la edición de 1923 pasa a ser “*influencia de las mutaciones (De Vries)*”. Otro cambio importante es la aceptación inicial acrítica del mecanismo lamarquiano del uso y desuso de los órganos y su reemplazo por otras posibilidades.

En 1914, Bernardino Quijada escribe: “*En conclusión, haremos constar una vez mas, que la existencia tan común de los órganos rudimentarios se esplica mui bien i únicamente dentro de la teoría de la descendencia, por la falta de ejercicio de los mismos*” (pág. 75). Esta frase ha sido cambiada en la séptima edición por “*En conclusión, haremos constar una vez más, que la existencia tan común de los órganos rudimentarios se esplica hoy no por la teoría del desuso de Lamarck, sino por la teoría de la panmixia de Weismann, biólogo para quien la reducción de los órganos rudimentarios se efectúa de diversas maneras según sean perjudiciales, inútiles o útiles*” (pág. 85).

En la tercera edición se incluyen opiniones de Ernst Haeckel sobre la aplicación de la selección natural a la especie humana (pág. 78-79), que se han eliminado en la séptima edición (pág. 94). Entre las pruebas morfológicas consideradas en el libro de 1923, se incluye la adaptación de las flores en relación con la polinización (págs. 109-110) y las relaciones recíprocas (pág. 111). A continuación, se incluyen pruebas psicológicas (págs. 112-117) y pruebas fisiológicas (págs. 117-119), inexistentes en la otra edición.

En 1914, el tratamiento de las “pruebas ontogenéticas” comienza con la frase: “*El naturalista alemán Ernesto Haeckel, al que las Ciencias biológicas deben tan poderosos impulsos, ha aumentado el número de pruebas indirectas que demuestran la certeza de la teoría transformista, dando a conocer los interesantes hechos que constituyen la Ontogenia i la relación estrecha que hay entre ésta y la Filogenia...*” (pág. 91). Estos comentarios se eliminaron en la séptima edición. Se eliminaron también las “causas de la escasez de fósiles” (1913, pág. 118). En la tercera edición, en el capítulo “*la historia jenealógica de los organismos*” se había desarrollado ampliamente el tema de la evolución humana (páginas 155-165), pero en la edición de 1923 se pasa de los mamíferos a las plantas, eliminándose las referencias al origen del hombre (pág. 168).

Los principales cambios que se advierten entre ambas ediciones comentadas del texto de Quijada pueden explicarse como debidos a varios factores: 1. Nuevas informaciones especialmente acerca de las mutaciones y de los estudios de Weismann, que han hecho perder confianza en las ideas lamarquianas, 2. Descrédito de la obra de Haeckel y desvalorización del aporte de Goethe, 3. Intento de suavizar el enfrentamiento con los grupos religiosos (inclusión de las ideas de San Agustín, eliminación de la evolución humana, lenguaje más cuidado y no descalificativo sobre el fijismo), 4. Interés por minimizar las dificultades del evolucionismo (eliminación de comentarios sobre la escasez de fósiles y de los “defectos de la teoría darwiniana”), y 5. Presentación de la evolución como una sola teoría unificada en la que intervienen distintos factores estudiados por diversos científicos y no como teorías alternativas.

El contenido de los textos de Humberto Vivanco Mora también varió substancialmente entre 1930 y 1936. Aparte del ya mencionado notable incremento del número de páginas dedicadas al tema, desde 39 a 117; la edición más moderna contiene abundantes ilustraciones, en cambio la edición previa no contenía dibujos, esquemas o fotografías. En estos textos se consigna la bibliografía utilizada, de modo que se puede apreciar que para preparar la edición de 1930 se consultaron 19 libros; para la edición de 1936 su número subió a 100 (sin considerar a la edición previa del mismo libro, también mencionada), aunque debe recordarse que esta nueva edición incluye también otros temas, aparte de la evolución biológica. Si consideramos solamente los libros centrados en el tema de la evolución biológica, para la primera edición se consultaron 10: “*Teoría de la Evolución*” (Goldsmith); “*Lamarckismo y darwinismo*” (Le Dantec); “*Evolución y Adaptación*” (Morgan); “*Evolución y mendelismo*” (Morgan); “*Origen de las Especies*” (Darwin); “*Origen del hombre*” (Darwin); “*Bases de la evolución psíquica*” (Koffka); “*Teoría de la Evolución*” (Scott); “*La vida y su Evolución*” (Pijiula) y “*La teoría de la Evolución*” (Quijada).

Para la edición de 1936 se consultaron estos mismos diez textos, a los que se agregaron 16: “*El hombre y la Teoría de la Evolución*” (Gámbara); “*La crisis del transformismo*” (Le Dantec); “*Geobotánica*” (Huguet); “*La evolución de la sexualidad*” (Marañón); “*La evolución sexual*” (Hesnard); “*Animales prehistóricos*” (Abel); “*La descendencia del hombre*” (Reed); “*Geología y paleontología*” (Landerer); “*Origen y formación de los mundos*” (Moreux), “*Los hombres fósiles*” (Boule); “*L'Évolution créatrice*”(Bergson); “*Les grandes hypotheses de la science moderne*” (Lazerges); “*Leyes psicológicas de la evolución de los pueblos*” (Le Bon); “*L'exigence idéaliste et le fait de l'Evolution*” (Le Roy); “*El Origen de la Vida*” (Pargame); “*La evolución de la memoria*” (Pieron).

En el folleto de 1930, Humberto Vivanco Mora comienza analizando el concepto de especie y el fijismo de Linné y Cuvier, a continuación trata sobre el hibridismo, las leyes de Mendel, el transformismo y sus causas (Lamarck, Geoffroy Saint Hilaire, Juan Wolfgang Goethe, Carlos Roberto Darwin, Hugo de Vries y las mutaciones), el aislamiento topográfico, y las pruebas a favor de la evolución, (entre las que se incluyen, entre otras, la variabilidad y desarrollo gradual de los instintos, los instintos como factor coadyuvantes del mimetismo, los fósiles, las edades de la Tierra).

En la edición de 1936 se consideran previamente el hibridismo y las leyes de Mendel, en el capítulo relativo al fenómeno de la herencia, y la Segunda Parte (La teoría de la Evolución) se divide en “Principios generales” (de lo que trata la evolución orgánica, la especie - Linneo y Cuvier, la amisia y la partenogénesis), “Las Bases del Transformismo” (Buffon y Lamarck, Geoffroy Saint Hilaire, Carlos Darwin, aislamiento topográfico), “Pruebas del transformismo” (morfológicas, psicológicas, fisiológicas, ontogenéticas, geográficas, paleontológicas), “Estudios genealógicos” (antigüedad del hombre, genealogía de algunos vertebrados, árbol genealógico de los animales, árbol genealógico de las plantas) y “Algunos problemas de la Biología” (el problema de la vida, el problema de la evolución, el problema de la genética, el mundo circundante y su influencia diversificadora).

Aparte de los cambios señalados, entre ambas ediciones se produjo un mayor desarrollo o agregado de algunos temas o subtemas, una reordenación de ciertas ideas y se agregaron algunos párrafos introductivos.

Las modificaciones más llamativas son las siguientes:

Al referirse a los híbridos, en 1930 (pág. 9) se afirma: *“Vemos, pues, que los fenómenos de hibridismo y mestizaje no tienen gran valor en lo que respecta a la idea de especie, puesto que, de ninguna manera, pueden servir para caracterizarla. No obstante, es preciso aceptar que el hibridismo, dando origen a la formación de productos bastardos que se procrean ilimitadamente, constituye una fuente de nuevas especies, y como el cruzamiento fértil de dos formas diferentes es tanto más fácil cuanto más se acercan las mismas entre sí respecto a su parentesco, débese inferir que dicho factor de la transmutación ha sido mucho más eficaz en épocas pretéritas de nuestro globo, produciendo no solo variedades en la especie, sino también especies en el género”*.

En la edición de 1936 (pág. 98) esta frase se acortó y modificó: *“Vemos, pues, que los fenómenos de hibridismo y mestizaje no tienen gran valor en el terreno que dice relación con la idea de especie y de ninguna manera nos pueden servir para caracterizarla. Su valor radicaría, casi exclusivamente, en el resultado inmediato que produce la hibridación, es decir, la producción de individuos que presentan nuevas combinaciones de caracteres que tienden a una mayor diversificación, y nada más”*. En el capítulo sobre genética se habla del mendelismo, se mencionan experimentos de hibridación artificial, pero no se menciona la posibilidad del surgimiento de nuevas especies mediante este mecanismo (págs. 44-46).

Al desarrollar el tema de los “principios darwinianos”, Vivanco Mora incluye en la edición de 1936 una introducción que falta en la edición de 1930. Dice (1936, págs. 116-117): *“Alguien ha dicho que cuando Darwin ofreció al mundo sus principios científicos sobre transformismo, para muchos la naturaleza apareció como un inmenso campo en donde se libraba perpetuamente una feroz y sanguinaria batalla. El espectáculo era horrible. Allí se contemplaba al débil humildemente sometido al poderoso, por la dura ley de la necesidad; las formas superiores de la materia destruyendo a las inferiores, para crecer y desarrollarse; lo grande exterminando a lo pequeño, para engrandecerse más; la robustez orgánica imperando en todas partes como un déspota absoluto. Pero el mismo Darwin indicó que no era tan solo el principio de lucha el que precedía la evolución de los seres. Junto a él coexistía otro germen inextinguible de perfección: el principio de apoyo mutuo al que la Ciencia ha dado también el nombre de ley del amor. Si esto es así veamos hasta qué punto los llamados principios darwinianos convergen para crear belleza y armonía en el constante devenir del mundo”*.

En la edición de 1936 se agregó otro texto introductorio a la presentación de las diferentes clases de “pruebas del transformismo”: *“Antes de presentar un bosquejo esquemático de las pruebas que tan firmemente han convencido a los zoólogos y botánicos de que la Teoría de la Evolución es verdadera, es necesario empezar por una advertencia para que no se espere demasiado, es decir, una demostración categórica del asunto, dada la naturaleza misma del problema. Ya se ha dicho que la evolución ha sido un largo proceso histórico que se ha desarrollado con extrema lentitud a través de inimaginables extensiones de tiempo, cuando no había nadie para ver y observar. En consecuencia, las pruebas a favor de la evolución orgánica, han de ser por lo general, indirectas, ya que la demostración directa ofrece algunas dificultades; pero por esta razón no han de dejar de ser convincentes, pues en la Ciencia, como en los asuntos prácticos de la vida, la probabilidad ha de ser la guía, siempre que no pueda alcanzarse la certeza, y la certeza es alcanzada muy rara vez, si lo es alguna. De todos modos debemos de confiar en la Ciencia que ha de darnos algún día el fundamento racional en que descansan muchos aparentes prodigios, y la clave para penetrar el secreto de la materia y el misterio del espíritu”* (pág. 125).

Cuando desarrolla las distintas hipótesis evolucionistas, en la edición de 1936 Vivanco Mora elimina el tema de las mutaciones y la obra de Hugo de Vries, que en la edición de 1930 se encuentra desarrollada a continuación de la obra de Charles Darwin (págs. 18 a 20). En el tema de la herencia y variabilidad, en 1930 se refiere a las variaciones ortogenéticas, y escribe (pág. 17): *“las cuales dan lugar a veces a la exageración de ciertos caracteres que, útiles a la especie, cuando alcanzan un grado determinado de desarrollo, llegan a ser perjudiciales, como sucede, por ejemplo, con los colmillos extraordinariamente largos del jabalí de las Molucas, y, entre los fósiles, los colosales saurios mesozoicos, cuyo exagerado desarrollo, más allá de lo que podría ser útil, sólo sirvió para facilitar su completa extinción en la Edad Secundaria”*. En la edición de 1936, la frase fue cambiada por: *“las que, como su nombre indica, dan lugar a veces a un desarrollo desmesurado de los órganos afectos llegando a ser casi siempre perjudiciales al individuo, ejemplo: las enormes mandíbulas del termita soldado”* (pág. 117). A pie de página se señala: *“Como variaciones ortogenéticas entre los fósiles pueden citarse los enormes colmillos del mamut; las grandes astas de Cervus megacerus; los colosales saurios mesozoicos”*. Entre las diferencias de ambas versiones, aparte del cambio de algunos ejemplos, puede notarse que inicialmente se afirma que *“llegan a ser perjudiciales”*, en la versión posterior se asegura que *“llegan a ser casi siempre perjudiciales”*, en la segunda versión, además, se eliminó la alusión a la causa de la extinción de los dinosaurios.

Los principales temas introducidos en la edición de 1936 del libro de Vivanco Mora, ausentes en 1930, son: la selección sexual (págs. 120-121) entre los mecanismos darvinianos; los órganos rudimentarios, el dimorfismo sexual, el mimetismo y el parasitismo, entre las pruebas morfológicas (págs 131-136), aspectos que en la edición de 1930 solo habían sido mencionados en una nota (pág. 24); los órganos análogos, homólogos y homotipos, como ejemplos de pruebas morfológicas (págs. 136-137); los estudios genealógicos, con informaciones sobre evolución humana, evolución de camellos, rinocerontes y caballos, árbol genealógico de los animales y árbol genealógico de las plantas (págs. 185-197). En el capítulo “algunos problemas de la Biología” se desarrollan las diferentes escuelas filosóficas en relación con el “problema de la vida”, las escuelas en torno al evolucionismo (fixismo, neolamarckistas y neodarwinistas, hologénesis, neolamarckismo de Le Dantec, el concepto bergsoniano), las relaciones entre genética y evolución, y la influencia diversificadora del mundo circundante (págs. 199-212). Aparte de la natural puesta al día de temas y ampliación de la información disponible, las diferencias entre ambas ediciones pueden deberse a varias razones. La eliminación de la hibridación como mecanismo formador de nuevas especies puede interpretarse como consecuencia de la aplicación del concepto moderno de “especie”, que insiste sobre el aislamiento reproductivo. Las frases introductorias a los capítulos sobre los principios darvinianos y las pruebas de la evolución, se explican como respuesta a los textos antievolucionistas, que planteaban el concepto erróneo de selección natural como una lucha directa entre fuertes y débiles, y que además trataban de desconocer la validez de las pruebas a favor de la evolución.

La eliminación del mutacionismo y de la obra de De Vries de los mecanismos evolutivos puede explicarse por el desarrollo del tema en el Capítulo Tercero, sobre “el fenómeno de la herencia”. Da la impresión que además el propio autor del texto cambió su opinión respecto a la importancia de este fenómeno, posiblemente por influencia de ideas neolamarquistas o por los argumentos de antievolucionistas en contra del mutacionismo. En 1930, Vivanco Mora escribe: *“Al botánico holandés Hugo De Vries corresponde el mérito de haber llamado por primera vez la atención de los biólogos hacia la formación de nuevas variedades mediante variaciones bruscas, o lo que es lo mismo, mutaciones. Sus observaciones sobre la aparición de nuevas formas entre descendientes de la planta *Oenothera lamarckiana* (Don Diego de la noche), que halló en estado silvestre en un campo abandonado de los alrededores de Amsterdam, despertaron tan gran interés entre los biólogos contemporáneos que sirvieron de punto de partida a una serie de cuidadosas investigaciones, no solo en dicha planta, sino en muchas otras, así como en los animales, llegando a considerarse actualmente como un hecho establecido la aparición repentina de nuevas variedades que se perpetúan con gran constancia a través de numerosas generaciones”*.



Vivanco Mora continúa: *“En consecuencia, las anomalías orgánicas aparecidas por primera vez por variación brusca, pueden fijarse por herencia cuando no comprometen la existencia de los seres en que residen. Las mutaciones son cambios que se suceden y que, por débiles que sean, son, sin embargo, de carácter constante, y una serie de mutaciones constituye sucesivos grados de modificación enlazados entre sí en una dirección definida”* (1930, pág. 18-19). En la edición de 1936, estas frases no existen, en el capítulo acerca de las mutaciones y se comenta: *“Para algunos autores, lo que ha ocurrido con las variedades de O. Lamarckiana, es más bien un fenómeno de aberración cromosómica y uno una mutación en el sentido estricto. Sea como fuere, lo cierto es que, tanto los animales como las plantas, ofrecen de vez en cuando profundos cambios, variaciones bruscas y discontinuas que han sido llamadas mutaciones. Dichas mutaciones son distintas de las variaciones fluctuantes de que nos habla Darwin, pues éstas representan sólo distintos grados de la intensidad con que se manifiesta un carácter determinado como resultado de la acción desigual del medio ambiente y algunos factores intrínsecos del organismo”* (pág. 43).

La eliminación de comentarios sobre la extinción de los dinosaurios como consecuencia de sus dimensiones, se justifica como consecuencia de las hipótesis que se planteaban en la época respecto a las causas de esta extinción. Los cambios en la misma frase que hacen menos tajante la afirmación sobre la aparición de cambios desfavorables por procesos ortogenésicos, muestran una cierta duda. En el tiempo en que Vivanco Mora compuso sus textos existían diversas escuelas de pensamiento evolutivo, que se habían desarrollado en las décadas en torno a 1900: neodarwinismo, evolución teísta, neolamarquismo, ortogeneticismo y mutacionismo (Bowler, 1985). El ortogeneticismo, que planteaba tendencias internas unidireccionales y continuas, tenía en aquella época uno de sus principales defensores en Richard Goldsmith, mencionado por Vivanco Mora en la bibliografía consultada. Se puede apreciar una aceptación a estos principios en otra frase previamente citada, en la que se asegura que *“una serie de mutaciones constituye sucesivos grados de modificación enlazados entre sí en una dirección definida”* (1930, pág. 19). En algunos párrafos, Vivanco Mora parece adherir al neolamarquismo, que tenía gran influencia en esa época. Respecto a las mutaciones, afirma: *“Paul Bert ha criado pequeños Crustáceos en un agua progresivamente salada. Los animales vivieron difícilmente, y, al fin, acabaron por sucumbir; pero habían puesto, y de sus huevos salió una generación de individuos perfectamente aclimatada al agua salada. En cuanto al papel preciso del medio en la producción de las mutaciones, la mayoría de los autores no quieren ver en él más que una vaga influencia general de un factor externo que pone a los elementos reproductores en estado de mutación. Esta manera de exponer las cosas, no es más que una forma soslayada y diestra de negar la herencia de los caracteres adquiridos bajo la influencia del medio”* (1936, pág. 43, nota).

En la página 211 de su edición de 1936, se encuentran las siguientes frases: “*El genial fundador de la teoría de la descendencia, Juan Bta. Lamarck, fue quien tuvo la gloria de expresar por primera vez la idea de que el mundo circundante del ser vivo obliga a éste a adoptar formas nuevas que luego pasan a los descendientes como patrimonio hereditario.... El estudio experimental de tan importante asunto lo han emprendido posteriormente notables investigadores con resultados más o menos satisfactorios...*”. Después de reseñar varios supuestos experimentos que corroborarían al neolamarquismo agrega: “*Finalmente, y para terminar, digamos con Leininger, que si estos experimentos no han rendido hasta ahora los resultados definitivos que eran de esperar, ello se ha debido, principalmente, al hecho de que los animales y plantas que han servido en las experiencias no han sido bien estudiados estadísticamente y, en segundo lugar, a que es casi imposible hallar individuos hereditariamente puros y uniformes*” (1936, pág. 212). Sin embargo, reconoce que “*no siempre se transmiten los caracteres adquiridos por adaptación durante el curso de la existencia individual*” (1930, pág. 13; 1936, pág. 106).

Las ediciones del texto “*Biología e Higiene. 6° año*” de Carlos Silva Figueroa, correspondientes a los años 1936 y 1940, presentan pocas diferencias en los contenidos relativos a la evolución biológica. El sinteticismo se inició entre 1937, cuando se publica “*Genetics and the Origin of Species*” de Theodosius Dobzhansky, y 1947, año en que se realizó el Congreso de Princeton. En la edición de 1940 del texto de Carlos Silva Figueroa aún se plantea la existencia de dos visiones principales, el neolamarquismo y el neodarvinismo. Sin embargo, es interesante constatar que en relación con la edición de 1936 se introducen dos cambios principales en los contenidos sobre evolución, y estas modificaciones indican concepciones modernas relativas a la participación de los factores genéticos en el proceso evolutivo y el descarte de los órganos vestigiales como evidencia a favor del lamarquismo.

En la página 158 se agregó el siguiente párrafo: “*Los biólogos modernos han pensado en la formación de nuevas especies animales y vegetales mediante las diferentes combinaciones cromosómicas que produce el cruzamiento de los seres, lo que permite, en muchos casos, la acumulación o intensificación de mutaciones. Por esto puede decirse que un individuo que difiere del tipo normal por una mutación grande o pequeña constituye, según estos autores, el primer estado de una especie naciente o en vías de desarrollarse*”. Este párrafo se intercaló entre dos frases que en una edición previa están seguidas (Silva Figueroa, 1936, pág. 143).

En la página 185 de la edición de 1940 se agregó: “*Los que tratan de explicar el evolucionismo por causa de las variaciones debidas a la mutación, piensan que los órganos rudimentarios han tenido origen en las variaciones endógenas producidas en los seres por alteración de los genes o determinantes cromosómicos de las células sexuales. Así, p. ej., estudiando T. H. Morgan las mutaciones de la mosca del vinagre – Drosophila melanogaster, obtuvo una vez, como resultado de una mutación imprevista, una generación de moscas ápteras, con alas rudimentarias, sin la existencia de una serie de generaciones intermedias – según lo exige la doctrina lamarckiana – por falta de uso de las alas y que vaya de la forma alada a la áptera. La generación áptera dio lugar a una raza perfectamente estable, cuyos descendientes nacieron y mantuvieron sus alas rudimentarias. Lo mismo ocurrió con una mutación de ojos atrofiados de la misma mosca*”. Estas frases no están en la edición previa (Silva Figueroa, 1936, pág. 170). Es importante este nuevo punto de vista, porque antiguamente la existencia de órganos rudimentarios se aceptaba acríticamente como una prueba evidente en favor del lamarquismo. Las grandes diferencias en la numeración de páginas entre las dos ediciones comentadas del libro de Carlos Silva Figueroa, no implican mayores cambios en los contenidos acerca de evolución, se deben a la ampliación de contenidos en hojas previas relativos a citología y genética.

Los contenidos sobre evolución biológica presentados en el texto de Ebel de 1952 corresponden básicamente a un resumen de los entregados por el mismo autor en 1935, y en diversos temas se recomienda al lector que consulten el libro previo (que es calificado como “Obra Mayor”) para encontrar explicaciones más amplias. Se han reordenado los temas, se nota además una eliminación de referencias al “Señor Quijada” (aunque se mantienen las críticas) y en parte se modera el lenguaje antievolucionista. Por ejemplo en la edición anterior (1935, pág. 142) se dice: “*Darwin y sus secuaces sostienen...*”, frase que es cambiada por “*Darwin y sus discípulos sostienen...*” (1952, pág. 513). Aunque el significado es el mismo, el término “*secuaz*” se interpreta en el lenguaje corriente como peyorativo, no así “*discípulo*”.

En relación con la obra linneana, en ambas ediciones se afirma lo contrario: “*El mérito inmortal de Linneo consiste en haber introducido en la Biología el concepto de especie. Antes de Linneo, las especies sólo se conocían prácticamente, desde Linneo ha sido fijado teóricamente el significado de este concepto*” (1935, págs. 9-10). “*El mérito de Linneo consiste en que señaló prácticamente lo que era una especie en la realidad, siendo así que hasta entonces había sido una cuestión teórica*” (1952, pág. 411).

Los principales contenidos agregados en la nueva edición del libro de Ebel son: consideraciones acerca del instinto y la inteligencia (págs. 417-419), introducción a la “evolución orgánica” (págs. 466-467), en la edición previa se comenzaba el tratamiento de la obra de Darwin sin estas definiciones previas (pág. 124), se agregan comentarios sobre la convergencia evolutiva (pág. 491), nueva información que sugiere que la teoría de Kant-Laplace es insostenible (pág. 495), argumentos de los fijistas contra el evolucionismo (pág. 500), una apreciación sobre la obra de Charles Lyell asegurándose su compatibilidad con las ideas de Cuvier (pág. 501), nuevos argumentos de Pierantoni contra la selección natural (pág. 515), opiniones acerca de la herencia de Hertwig (pág. 519), comentarios sobre Wallace (pág. 520), informaciones sobre geología chilena (pág. 549), ampliación de informaciones sobre fósiles humanos (págs. 555 a 559), e informaciones comparadas acerca de la capacidad craneana de hombres actuales y fósiles (págs. 560-561).

Junto con la reducción general de los contenidos expuestos, se han eliminado del capítulo de variaciones las “paravariaciones, mixovariaciones e idiovariaciones” (tratadas en la pág. 91 de la edición de 1935), se han eliminado “algunas restricciones que Darwin puso a su hipótesis” (1935, pág. 137), varias de las argumentaciones en contra de la selección natural (1935, págs. 142 a 145), y las ideas de Hugo De Vries y de Karl Nägeli sobre los vehículos de la herencia (1935, pág. 155). En general, los cambios entre ambas ediciones del libro de Ebel son eliminaciones de materiales obsoletos o poco importantes, eliminación de argumentaciones erróneas contra la selección natural, y puesta al día de algunos temas.

Los textos de Horvat y Weiss, correspondientes a la novena edición (1979) y a la duodécima edición (1989) muestran también diferencias importantes. En la novena edición se desarrollan secuencialmente los temas: origen de la vida, concepto de especie, variaciones, evidencias de la evolución, teorías sobre la evolución, concepción actual sobre la evolución y filogenia humana. En la duodécima edición se comienza con el concepto de la evolución, después del origen de la vida se tratan las evidencias y las teorías evolutivas, el concepto de especie se analiza a continuación y antes de la filogenia humana se inserta el tema de la especiación. Las variaciones dejan de ser un tema independiente. Aparte de este reordenamiento y ampliación de contenidos, existen otros cambios interesantes de destacar. En 1989 se acortó la discusión entre fijismo, evolucionismo y creacionismo, eliminándose entre otras cosas las referencias al evolucionismo de San Agustín y Santo Tomás. Sin embargo, se reafirma la realidad del proceso evolutivo: *“El creacionismo no se identifica ni con el fijismo ni con el evolucionismo. Sin embargo, se puede afirmar que Dios está realizando la Naturaleza viviente por un proceso natural, que es la evolución”* (pág. 107).

En lo que pareciera ser una explicación de su anterior postura fijista (en la década de 1960), se explica: “*Las doctrinas evolucionistas aparecieron en una época de liberalismo filosófico, de ateísmo, de naturalismo. Fueron acogidas y entusiastamente propagadas por muchos con un verdadero espíritu de polémica contra la idea religiosa, queriendo hacer ver que se podía explicar la existencia del Universo en las admirables armonías de la Naturaleza muerta y viva, sin la necesidad de Dios. De más está decir que este procedimiento ha traído más daño que bien a la causa del evolucionismo*” (pág. 107). El tratamiento del origen de la vida se acortó eliminándose la polémica histórica de la generación espontánea entre Redi, Spallanzani y Pasteur, que en la edición de 1979 se incluía en este contexto evolutivo (pág. 143), y en esta nueva edición pasó al capítulo acerca de la reproducción (pág. 13). Entre las pruebas paleontológicas se agregó información acerca de la deriva continental (págs. 113-115). En la edición de 1979 se insertaba a Thomas Robert Malthus, entre las páginas en que se habla de Darwin y de De Vries (pág. 196-197), que se eliminó posteriormente. En la novena edición del libro que comentamos, el capítulo continúa con un apartado sobre “neolamarckismo y neodarwinismo” (pág. 198) y con otro sobre “posición actual” (págs. 199-202). En la duodécima edición, estas páginas son reemplazadas por “La teoría sintética de la Evolución”, con los subtítulos “la población”, “la ley de Hardy y Weinberg y frecuencia de alelos en la población”, “la especie” y “la especiación” (págs. 132-139). Los últimos párrafos corresponden a “la deriva genética”. En “La filogenia humana” se ordenaron los restos humanos fósiles en forma cronológica y con sus denominaciones actuales, en la edición anterior estaban ordenados de acuerdo a la fecha del descubrimiento y había errores taxonómicos, como hablar en una página de *Homo erectus* (pág. 209) y en otras de *Sinanthropus pekinensis* (pág. 207) y de *Pithecanthropus erectus* (pág. 206), nombres antiguos de fósiles que se incluyen en *Homo erectus*. Ambas versiones terminan con un apéndice llamado “La evolución y la Biblia”.

Entre las versiones de 1986 y 1998 del texto de Glavic y Ferrada, hay escasas diferencias, a pesar de los años (entre 1986 y 1991 se realizaron solamente reimpressiones bajo el nombre de “ediciones”). En la edición más antigua se entregan datos biográficos y retratos de Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr y George G. Simpson (1986 y 1991, pág. 92), que fueron eliminados en la edición posterior, y no hay retrato de Jean Lamarck, agregado posteriormente frente al de Charles Darwin (1998, pág. 204). En la edición de 1991 se encuentra la frase: “*En el transcurso de la era Mesozoica se extinguieron los reptiles gigantescos, persistiendo solamente las formas comparativamente pequeñas que todavía se conservan vivientes*” (pág. 95), que en la versión de 1998 se cortó (“*En el transcurso de la era Mesozoica se extinguieron los reptiles gigantescos, persistiendo solamente las formas comparativamente pequeñas*”, pág. 182).

El cambio debe atribuirse a que en la redacción original da la impresión errónea de que todos los reptiles vivientes aparecieron en el Mesozoico y se mantienen sin cambios. En la edición de 1986 (pág. 96) existe una fotografía de una pintura rupestre acerca de vacunos y caballos, que fue posteriormente eliminada. En la edición más reciente (1998, pág. 187) se agregaron fotografías de una cigüeña y una mariposa, ilustrando estructuras análogas. También se amplió un párrafo acerca de la distribución geográfica de los organismos (pág. 191).

#### 15.6. Temas y subtemas de la biología evolutiva considerados en los textos más recientes (fines de síntesis y postsíntesis)

Los primeros textos acerca de la evolución biológica se reducían a comparar el evolucionismo con el fijismo, valorar los diferentes tipos de evidencias o pruebas a favor del evolucionismo y discutir los argumentos a favor o en contra de los distintos mecanismos evolutivos propuestos. En algunos casos se entregaban argumentos para avalar distintas líneas evolutivas. Durante la segunda mitad del siglo XX la Biología evolutiva se amplió enormemente, especialmente con el desarrollo de la genética de poblaciones y el sinteticismo, el avance en el conocimiento de los procesos de especiación, experimentos acerca del origen de la vida, estudio de las pautas evolutivas en la macroevolución y la aplicación de la evolución al campo de las Ciencias sociales.

Hemos revisado cuáles de estos temas evolutivos, y sus subtemas, se han considerado en los textos para enseñanza de esta materia en el nivel de educación media publicados en Chile hacia fines del período de Síntesis y durante el período de la Postsíntesis, es decir a partir del año 1960. Los resultados se entregan en el Cuadro 6, en el que el tratamiento de la materia se marca con una “x”. Se señalan además las referencias vagas (“Ref.”) y los materiales que aparecen solamente en algún esquema (“Esq.”) o Cuadro (“Cua”), sin ser tratados dentro del texto, situaciones que no se consideraron en el recuento final.

**Cuadro 6. Temas y subtemas en textos sobre evolución de Enseñanza Media en Chile, desde 1960**

TEMAS Y SUBTEMAS	WH 60	GC 65	JA 66/69	HW 79	MZ 85	BY 85	HW 89	GF 86/98	LA 91	HI 94	HI 95	MU 97	JE 98	FL 01	TOTAL
<b>EVOLUCION, FIJISMO, CREACIONISMO</b>															
Definición de Evolución	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			11 78,57 %
Fijismo: Linné, Cuvier	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x	Ref	10 71,42 %
Fijismo y creacionismo	x			x			x					x			4 28,57 %
Objeciones creacionistas															0 0%
Evolución y religión	x		x	x		x	x								5 35,71 %
<b>HIPÓTESIS SOBRE EL MECANISMO EVOLUTIVO</b>															
Relación con evol. cósmica											x				1 7,14 %
Precursores evolucionismo	x	x		x	x	x	Ref.	x			x			x	8 57,14 %
Lamarck y lamarquismo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14 100%
Evolución teista, ortogenesis						x									1 7,14 %
De Vries y Mutacionismo	x	x	x	x	x		x	x				x			8 57,14 %
Discusión Edad de la Tierra								x	x						2 14,18 %
Weismann y germinoplasma	x				Ref.			x		x	x				4 28,57 %

TEMAS Y SUBTEMAS	WH 60	GC 65	JA 66/ 69	HW 79	MZ 85	BY 85	HW 89	GF 86/ 98	LA 91	HI 94	HI 95	MU 97	JE 98	FL 01	TOTAL
<b>BASES DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL</b>															
Vida y obra de Charles Darwin	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	13 92,85 %
Lyell y uniformismo	x	x						x	x			x			5 35,71 %
Influencia de Malthus	x			x	x		x	x	x					x	7 50,0 %
Contribución de Wallace		x			x			x				x	x	x	6 42,85 %
Variaciones no hereditarias		x		x											2 14,28 %
Mutaciones		x	x	x	x		x	x	x					x	8 57,14%
Recombina-ción genética							Ref.	x	x			x			3 21,42 %
Selección Natural	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14 100%
Selección Sexual	x			x			x						x	x	5 35,71 %
Adaptaciones		x			x	x									3 21,42 %
<b>EVIDENCIAS o PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN</b>															
Selección artificial		x		Ref.			Ref.	x				x	x		4 28,57 %
Evidencias taxonómicas		x	x	x		x	x	x	x		x	x			9 64,28 %
Analogía y homología	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	85,71%





TEMAS Y SUBTEMAS	WH 60	GC 65	JA 66/ 69	HW 79	MZ 85	BY 85	HW 89	GF 86/ 98	LA 91	HI 94	HI 95	MU 97	JE 98	FL 01	TOTAL
<b>GENÉTICA POBLACIONAL Y SINTETICISMO</b>															
Teoría sintética Gral		x		x	x	x	x	x	x		x	x		x	10 71,42 %
Reservorio o acervo génico		x		x	x	x	x	x	x			x			8 57,14 %
Princ. Hardy- Weinberg		x			x	x	x	x	x	x	x	x			9 64,28 %
Flujo génico, migraciones					x	x	x	x	Ref	x				x	6 42,85 %
Deriva génica					x	x	x	x		x				x	6 42,85 %
<b>ESPECIES Y ESPECIACIÓN</b>															
Definición de especie	x		x	x	x		x		x		x	x			8 57,14 %
Especiación en general	Ref.	x		Ref.	x		x	x			x	x		x	7 50,0 %
Es. alopátrida Aislamiento geográfico		x			Ref.		x	x	Ref.		x	x		x	6 42,85 %
Aislamiento reproductivo		x			x		x	x	x		x	x		x	8 57,14 %
Especiación simpátrida											x	x		x	3 21,42 %
Especiación parapátrida, peripátrida															0 0,0 %

TEMAS Y SUBTEMAS	WH 60	GC 65	JA 66/69	HW 79	MZ 85	BY 85	HW 89	GF 86/98	LA 91	HI 94	HI 95	MU 97	JE 98	FL 01	TO-TAL
Especiación por poliploidía		x						x			x				3 21,42 %
<b>PAUTAS EVOLUTIVAS EN MACROEVOLUCIÓN</b>															
Anagénesis y cladogénesis															0 0,0 %
Evolución convergente o paralela							x	x				x			3 21,42 %
Ev. divergente o radiación adaptativa								x				x			2 14,28 %
Coevolución															0 0,0 %
Equilibrio interrumpido											x				1 7,14 %
Evolución en mosaico															0 0,0 %
Reloj evolut., neutralismo							Ref.				x				1 7,14 %
Fósiles vivientes											x				1 7,14 %
<b>HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA</b>															
Generación espontánea		x	x	x	x	x	x			x					7 50,0%
Ambiente de			x	x			Ref.				x	x			4

Tierra primitiva															28,57 %
Hipótesis Haldane-Oparin		x	x	x			x			x	x	x			7 50,0%
Experimentos Sobre Origen de la vida		x	x	x		x	x				x	x			7 50,0%
Origen de primeras células						x					x	x			3 21,42 %
Origen de la información genética											x				1 7,14 %
Origen de virus															0 0,0 %
<b>ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE GRUPOS (FILOGENIA)</b>															
Filogenia reinos en general						x					x	x			3 21,42 %
Evolución vegetal						x			Esq						1 7,14%
Evolución de invertebrados						x			Esq						1 7,14%
Evolución de vertebrados				Ref.		x	Ref.	Esq	Esq		Ref.				1 7,14%
<b>ORIGEN Y EVOLUCIÓN HUMANA</b>															
Características de los primates							x				x				2 14,28 %
Características humanas				x							x				2 14,28 %
Evolución de los primates				x		x					x				3 21,42 %

TEMAS Y SUBTEMAS	WH 60	GC 65	JA 66/69	HW 79	MZ 85	BY 85	HW 89	GF 86/98	LA 91	HI 94	HI 95	MU 97	JE 98	FL 01	TOTAL
Homínidos fósiles	x	x	x	x	Cua	x	x		x		x	x			9 64,28 %
Factores en evolución humana						x					x				2 14,28 %
Técnicas moleculares					x						x				2 14,28 %
Diferenciación racial											x				1 7,14%
Evolución cultural					Cua						x				1 7,14%
<b>EVOLUCIÓN Y TEORÍAS SOCIALES</b>															
Darwinismo social															0 0,0 %
Racismo, sexismo															0 0,0 %
Biología de la agresión															0 0,0 %
Determinismo biológico															0 0,0 %
Sociobiologíaalt ruismo															0 0,0 %
<b>TOTAL DE SUBTEMAS</b>	22	34	22	34	24	32	37	41	23	8	41	38	12	23	27, 92
<b>PORCENTAJES</b>	26,2	40,5	26,2	40,5	28,6	38,1	44, 1	48, 8	27,4	9, 52	48,8	45,2	14, 2	27,4	33,24

Abreviaturas empleadas: WH60: Weiss y Horvat (1960); GC65: Glavic y Capurro (1965); JA66/69: Jara (1966, 1969); HW79: Horvat y Weiss (1979); MZ85: Molina y Zárata (1985); BY85: Bartolomé Yankovic (1985); HW89: Horvat y Weiss (1989); GF86/98: Glavic y Ferrada (1986, 1991, 1998); LA91: Lastra y cols. (1991); HI94: Hidalgo, Jeréz, Ramírez y Varela (1994); HI95: Hidalgo, Ramírez y Varela (1995); MU 97: Mundigo y cols.(1997); JE98: Jerez (1998); FL01: Flores y cols. (2001).

Del Cuadro 6 derivan varias conclusiones interesantes. De los subtemas seleccionados, que son los aspectos más relevantes del evolucionismo actual (Rosenthal, 1985, y Swarts, Anderson y Swetz, 1994, con modificaciones y adiciones), la mayoría de los textos revisados, publicados entre 1960 y 2001, cubren entre la mitad y la cuarta parte de ellos. En promedio, se entrega un tercio de los contenidos enlistados. Dos textos, incluso, cubren menos del 25%, el de Hidalgo y cols. (1994) con un 9,52%, y el de Jerez (1998) con un 14,2%. En realidad el texto mencionado de Hidalgo y cols. (1994), no aborda el tema de la evolución en sí, sino desarrolla contenidos evolutivos en relación a otros temas, como reproducción y genética, y el de Jerez (1998) es un material centrado en la evolución para uso más bien docente. Dejando a un lado estos dos textos, en general se observa un incremento progresivo en la cantidad de subtemas considerados, con excepción de los libros de Glavic y Capurro (1965) y Horvat y Weiss (1979), que cubren el tema más ampliamente que otros textos de la época, y los de Lara y cols. (1991) y de Flores, Hidalgo y Varela (2001), que lo abarcan en forma más reducida. En el texto de Lara y cols. (1991) la menor cantidad de subtemas considerados se puede relacionar con un tratamiento más superficial del tema evolutivo, que ocupa apenas 12 páginas (7% del libro), en cambio no es el caso del libro de Flores, Hidalgo y Varela, que ocupa 49 páginas (33%), frente a las 21 (18%) de Glavic y Capurro. La selección natural y el lamarquismo son los dos temas considerados en todos los textos. Se revisan ampliamente los fósiles y la vida y obra de Charles Darwin, que solamente faltan en el texto de Hidalgo y cols. (1994), que aborda incidentalmente el tema de la evolución en otros contextos. Algunos textos no definen qué es la evolución biológica (Hidalgo y cols., 1994; Jerez, 1998; Flores, Hidalgo y Varela, 2001). Siguen predominando aspectos que comenzaron a tomarse en cuenta a principios del siglo XX: evolucionismo frente a creacionismo, pruebas o “evidencias documentadas” a favor de la evolución y mecanismos evolutivos según las diversas hipótesis (darwinismo, lamarquismo, mutacionismo, etc.).

Hay temas que no son tratados: las objeciones creacionistas (que eran presentadas con detalle antiguamente en libros con orientación fijista), la evolución teísta y la ortogénesis (que gozaron de apoyo antiguamente, pero hoy carecen de seguidores), el mimetismo (de gran importancia histórica porque demostró la superioridad explicativa del neodarwinismo sobre el neolamarquismo), los mecanismos de especiación parapátridos y peripátridos, los procesos de anagénesis y cladogénesis (junto al anterior de gran relevancia en la discusión del modelo de equilibrio puntuado), coevolución, evolución en mosaico, origen de los virus, y temas que relacionan a la evolución con las Ciencias sociales, de gran interés en el evolucionismo actual. Varios de estos aspectos son considerados en textos de enseñanza media estadounidenses, chinos o soviéticos publicados entre 1987 y 1990 (Swarts, Anderson y Swetz, 1994).

En los textos chilenos casi no se considera el origen y la evolución de determinados grupos taxonómicos, a diferencia de varios de los textos estudiados por Swarts, Anderson y Swetz (1994), en los que se desarrollan específicamente temas como evolución vegetal, colonización del ambiente terrestre por las primeras plantas, evolución de invertebrados, evolución general de los cordados, evolución de los peces, de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Las relaciones de la evolución con las creencias religiosas las abordan solamente textos escritos por sacerdotes o personas que se manifiestan claramente religiosas (Horvat y Weiss, Jara), en los otros textos no se mencionan. Sobre las influencias en la obra darviniana, se le da importancia especialmente a la obra del economista inglés Thomas Malthus, en cambio se consideran mucho menos los aportes de Sir Charles Lyell (actualismo y uniformitarismo en geología) y de Alfred Russell Wallace (codescubridor del principio de la selección natural).

Los caracteres no hereditarios, sobre los cuales se hablaba bastante en textos más antiguos, como es lógico han dejado de tener relevancia en el tema evolutivo especialmente desde el desarrollo de la genética molecular, y rara vez se mencionan. También se les da poca importancia a temas como la selección artificial (formación de razas de animales domésticos y de variedades de plantas cultivadas). Probablemente al respecto hay cierto sesgo antievolucionista o antidarviniano: la selección artificial es presentada a veces como una evidencia directa de la evolución orgánica (por ejemplo, Glavic y Capurro, 1965, pág. 109), y además es un fuerte apoyo al mecanismo de la selección natural, por lo cual a un “fijista” o a un “evolucionista teísta” no les interesa mencionar.

También se considera escasamente a las características adaptativas y a la adaptación, considerada como resultado directo de la evolución, que estos mismos autores antievolucionistas consideran originados por designio divino. Rara vez se mencionan las imperfecciones del registro fósil, sobre lo cual insistió Charles Darwin, y también constituyen un buen contra-argumento al fijismo, que plantea la falta de fósiles de transición.

Otro de los temas poco considerados es la selección sexual. Entre los textos revisados, aparece solamente en los de Weiss y Horvat, aunque este tema ha sido revalorado desde 1969 (Mayr, 1992, pág. 155). En los textos de enseñanza media en Chile, la formación de nuevas especies (mecanismos de especiación) ha tomado importancia desde la década de 1980, aunque aparece en un libro anterior (Glavic y Capurro, 1965).

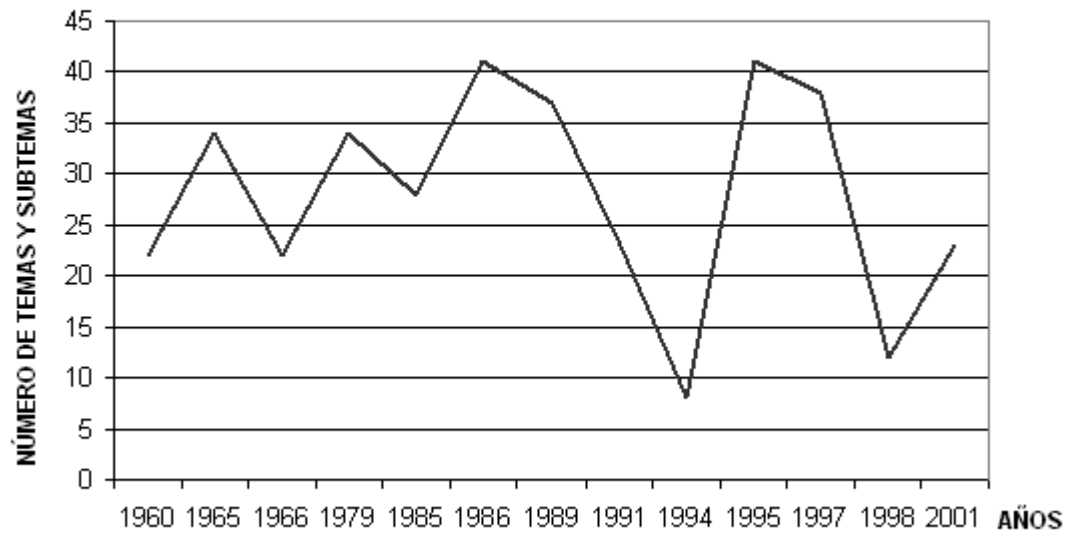
Las pautas macroevolutivas se están considerando recién desde 1989. En los pocos textos de estudio chilenos en que se considera, se observa una desproporción típica de los textos de estudio de otros países (Zook, 1995, pág. 1112): centrarse casi exclusivamente en las eras más modernas, sin considerar la evolución microbiana, que abarcó la mayor parte del tiempo. Escasamente se consideran en algunos textos de estudio chilenos algunas ideas muy generales acerca de las relaciones evolutivas entre los reinos, pero sin relacionarlas con el registro fósil. Respecto al origen de la vida, antiguamente se daba gran importancia a la generación espontánea, tema que actualmente por lo general se ha descartado de este contexto. Generalmente el origen de la vida se analiza a través de la hipótesis de Oparin-Haldane y de los experimentos que se han realizado para su verificación.

Otro tema que Douglas Zook considera importante para la teoría de la evolución actual y que los textos de estudio en general no consideran, es el proceso de “simbiogénesis” en el origen de la célula eucariótica mediante la endosimbiosis en serie propuesto por Lynn Margulis (Margulis, 1988, 1993, 1996; Margulis y Sagan, 1995, 1996). En textos chilenos ha sido tratado rara vez y en forma superficial. Hidalgo y cols. (1995, pág. 250) se refieren brevemente a la teoría endosimbiótica, pero en la página previa reproducen un árbol filogenético de las relaciones evolutivas de los procariontes que termina con el texto “hacia los eucariontes”, pero sin indicar las relaciones establecidas por la teoría endosimbiótica (la leyenda de la figura indica que corresponde a lo planteado por “Cairns y Smith”, obviamente se trata de A. Graham Cairns-Smith). No hay mención a otros tipos de simbiogénesis, por ejemplo líquenes o arrecifes de coral. Otro subtema que Douglas Zook considera que debería enseñarse es la transferencia horizontal de información genética, que puede analizarse especialmente en relación a la especiación bacteriana (Zook, 1995, pág. 1115). Tampoco es incorporado en los textos chilenos.

En un solo texto (Hidalgo y cols., 1995) se desarrollan otros aspectos, como el origen de las primeras células y de la información genética. Este mismo texto es el más completo en el análisis de la evolución humana, los demás se centran casi exclusivamente en los homínidos fósiles. Los factores que intervienen en la evolución humana, por ejemplo, no son tratados en los otros textos revisados, lo cual también puede deberse a un sesgo de tipo religioso (baste recordar que en los primeros textos de Bernardino Quijada se trataba la evolución humana, tema que luego debió eliminarse por presiones de grupos religiosos conservadores. Los libros de Glavic y Ferrada (1986, 1991, 1998) no hacen referencia al origen y evolución del ser humano. La tendencia general a abarcar mayor número de subtemas en los textos de estudio a partir de la década de 1960, puede apreciarse en el Gráfico 3:



**NÚMERO DE TEMAS Y SUBTEMAS SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA TRATADOS EN TEXTOS DE ESTUDIO A NIVEL DE ENSEÑANZA MEDIA EN CHILE, DESDE 1960**



Para facilitar la comparación de la diversidad de aspectos evolutivos considerados en los diferentes textos de estudio, podemos agrupar los 84 aspectos seleccionados en seis grandes temas:

1. Generalidades y desarrollo histórico de las ideas evolucionistas: subtemas de “evolucionismo fijismo y creacionismo” y los de “hipótesis sobre el mecanismo evolutivo”.
2. Pruebas de la Evolución: 11 subtemas agrupados previamente como “evidencias o pruebas de la evolución” y siete de “fósiles, escala geológica y extinciones”.
3. Mecanismos microevolutivos aceptados actualmente: 10 subtemas agrupados como “bases de la evolución por selección natural” y los cinco de “genética poblacional y sinteticismo”.
4. Pautas evolutivas: siete subtemas previamente incorporados a “especies y mecanismos de especiación” y los ocho de “pautas evolutivas en la macroevolución”.
5. Historia de los seres vivos sobre la Tierra: siete subtemas de “hipotesis sobre el origen de la vida”, los de “origen y evolución de grupos” y los de “origen y evolución del ser humano”.
6. Evolución y teorías sociales. Los cinco subtemas agrupados previamente en igual forma.

Se suele comparar la importancia que se le atribuye a cada aspecto acerca de la evolución en los diferentes textos de estudio, analizando la extensión de cada uno de los temas o grandes subtemas (en número de letras, palabras, frases o páginas). Si bien se trata de un análisis válido, no se puede afirmar que la mayor extensión dedicada a un determinado tema signifique que el autor le esté asignando mayor importancia.

Podríamos suponer que hay materias que por su propia naturaleza requieren ser explicadas mediante un mayor número de frases, o que el autor dispone de más material bibliográfico sobre algunas que sobre otras, o que hay aspectos que objetivamente han dado lugar a mayor diversidad de investigaciones y por lo tanto acumulación de mayor cantidad de informaciones. Por lo tanto, pensamos que es válido analizar la diversidad de temas y subtemas tratados en cada caso independientemente de su extensión, considerando solamente el número de aspectos considerados.

Como hemos desglosado los grandes temas en distintos números de subtemas, podemos comparar las diversidades relativas considerando el porcentaje de subtemas considerados en cada gran tema. Ambas informaciones, para cada texto publicado desde la década de 1960, se entrega en el Cuadro siguiente:

**Cuadro 7. Números y porcentajes de aspectos específicos en cada gran subtema evolutivo considerados en textos de enseñanza media (1960-2000).**

AUTORES	DESA- RROLLO HIST.	PRUEBAS	MECA- NISMO	PAUTAS	HISTORIA DE VIDA	TEORIAS SOCIALES
Weiss Horvat (1960)	8 66,66%	7 38,88%	5 33,33%	1 6,66%	1 5,26%	0 0,00%
Glavic Capurro (1965)	5 41,66%	11 61,11%	10 66,66%	4 %	4 21,05%	0 0,00%
Jara y colabs. (1966/69)	5 41,66%	8 44,44%	3 20,00%	1 6,66%	5 26,31%	0 0,00%
Horvat Weiss (1979)	7 58,33%	11 61,11%	8 53,33%	1 6,66%	7 36,84%	0 0,00%
Molina Zárate (1985)	4 33,33%	4 22,22%	11 73,33%	3 20,00%	2 10,52%	0 0,00%
Yankovic (1985)	5 41,66%	9 50%	8 53,33%	0 0,00%	10 52,63%	0 0,00%
Horvat Weiss (1989)	7 58,33%	11 61,11%	10 66,66%	5 33,33%	5 26,31%	0 0,00%
Glavic Ferrada (1986/98)	7 58,33%	16 88,88%	12 80,00%	6 40,00%	0 0,00%	0 0,00%
Lastra y colabs. (1991)	4 33,33%	7 38,88%	9 60,00%	2 13,33%	1 5,26%	0 0,00%
Hidalgo y cols. (1994)	2 16,66%	0 0,00%	3 20,00%	3 20,00%	2 10,52%	0 0,00%
Hidalgoy cols. (1995)	6 50,00%	8 44,44%	4 26,66%	9 60,00%	14 73,68%	0 0,00%
Mundigo y cols. (1997)	4 33,33%	13 72,22%	8 53,33%	7 46,66%	6 31,57%	0 0,00%
Jerez (1998)	2 16,66%	6 33,33%	4 26,66%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%
Flores y cols. (2001)	2 16,66%	8 44,44%	9 60,00%	4 26,66%	0 0,00%	0 0,00%

En el Gráfico 4 se compara la diversidad de aspectos específicos considerados en cada uno de los seis grandes subtemas (el séptimo no es tratado en ninguno de los textos), para lo cual se consideró el porcentaje de ellos que aparece en el cuadro precedente, por lo tanto dentro de cada círculo, a igual superficie corresponde el mismo porcentaje de aspectos incluidos.

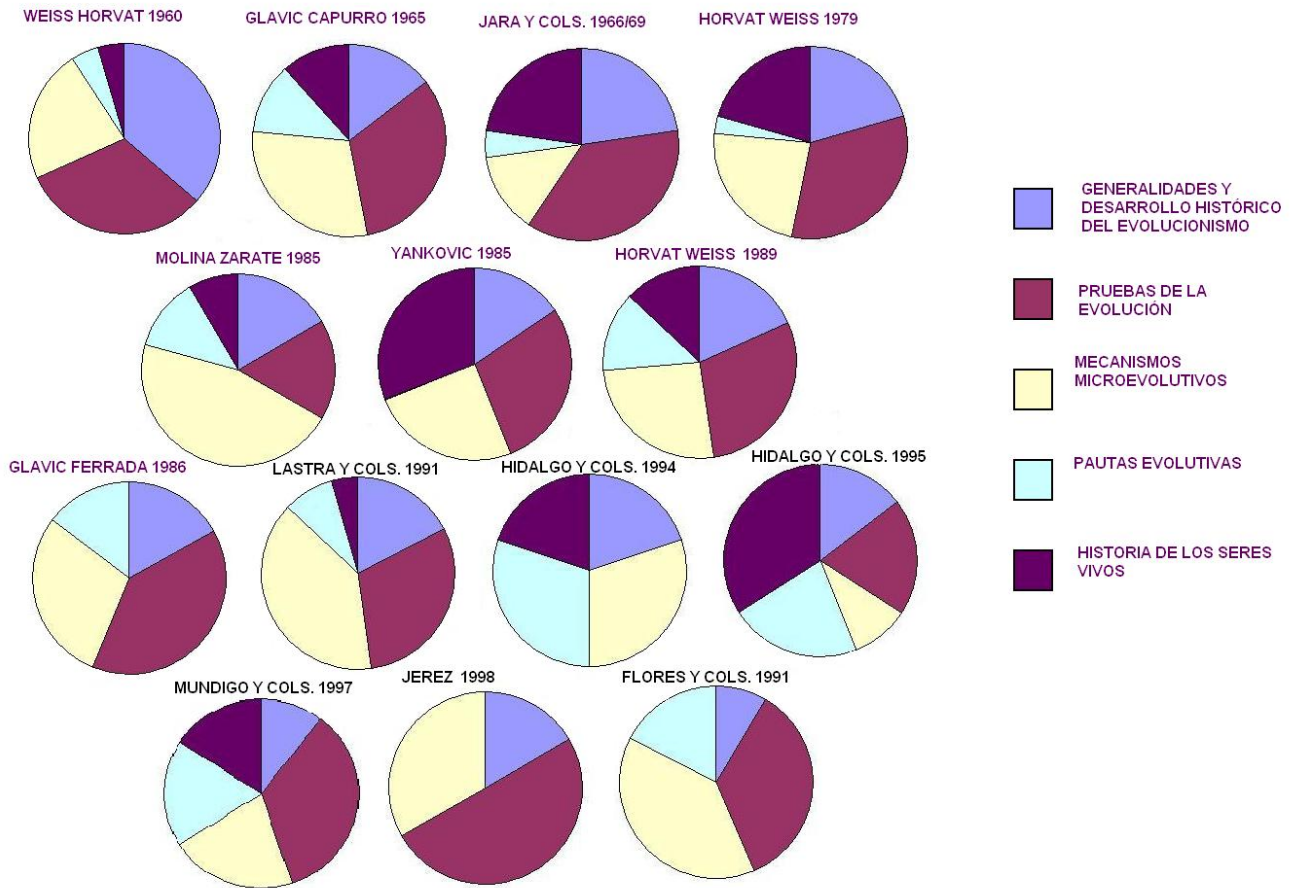


Gráfico N°. 4. Proporción de temas sobre evolución biológica desarrollados en textos de estudio chilenos desde 1960

A partir del Cuadro 7 o del Gráfico 4, podemos apreciar que en general en los textos más antiguos se les da mayor importancia relativa a las pruebas de la evolución y a las teorías explicativas propuestas a lo largo de la historia del pensamiento evolutivo, temas que fueron los únicos considerados en los textos de principios del siglo XX. El desarrollo de la teoría sintética de la evolución produjo una mayor preocupación por la diversidad de factores aceptados en la actualidad como parte del mecanismo evolutivo. Algunos textos recientes dan gran importancia a la historia de la vida sobre la Tierra (origen de la vida, evolución de los grandes grupos, origen y evolución del ser humano), como por ejemplo el libro de Hidalgo y colaboradores (1995), en cambio en Glavic y Ferrada (1986, 1991, 1998) tales aspectos son completamente ignorados. En general se da escasa cobertura a las pautas evolutivas (especiación, convergencia, radiación adaptativa, etc.) y no hay menciones a las teorías sociales basadas en la evolución.

### 15.7. Exactitud y veracidad

En un tema tan amplio y tan debatido como el de la evolución biológica, muchos puntos de vista han cambiado, se ha acuñado numerosa terminología de variable alcance, han surgido escuelas que han interpretado los hechos de distinta manera y se han defendido posiciones antagónicas, lo cual explica que se encuentren afirmaciones erróneas o conceptos imprecisos en textos modernos. El propio concepto de “evolución biológica” ha variado a través de la historia y tiene distinta connotación en diferentes textos. Para Quijada, “Evolución” significa que *“todas las innumerables especies de animales i plantas que han poblado en otras épocas i pueblan hoy la superficie de nuestro globo, se derivan de una sola forma común (hipótesis monofilética) o de un reducido número de formas primordiales (hipótesis polifilética), excesivamente sencillas, por medio de lentas y graduadas transformaciones”* (Quijada, 1923, pág. 9). Esta definición parece bastante exacta, aunque se refiere solamente a la evolución en el nivel supraespecífico y es absolutamente gradualista, no considera que pueda ser un proceso en algunos momentos brusco o saltacionista.

De acuerdo a Theo Drathen (1925, pág. 8), la Teoría de la Evolución Orgánica, *“es la doctrina que enseña que probablemente las especies orgánicas se han desarrollado desde formas más sencillas, por medio de transmutaciones continuas y graduales”*. Esta definición, muy similar a la de Quijada, merece los mismos comentarios.

Santier Saint Gabriel (1923, pág. 4) y Panzarasa (1933, pág. 11) dicen: “*El evolucionismo afirma que cada ser viviente tiene poder de ascender en la escala de la perfección, transponer los límites de su especie, y pasar sucesivamente a ser individuo de especies superiores, con progreso ilimitado*”. Esta definición es claramente inexacta, porque el evolucionismo actual no dice que un determinado ser pase a ser individuo de otra especie, y tampoco hay consenso en si se puede hablar de “progreso” o de “perfección”. Panzarasa (1933, pág. 11) también afirma: “*Llámase evolución filogenética, o simplemente Evolución, el supuesto proceso de crecimiento y perfección siempre en aumento, por el cual de uno o bien de unos pocos tipos imperfectos o primordiales, han derivado todas las especies de plantas y animales que conocemos...*”. Aquí encontramos nuevamente el “*crecimiento y perfección en aumento*”.

La definición que entrega Vivanco Mora (1936, pág. 204) tiene ciertas semejanzas con ambas: “*El evolucionismo sostiene que cada ser vivo, específicamente diferenciado en el sentido corriente y vulgar, puede, mediante la acción del medio y otras causas, llegar a experimentar tan profundas transformaciones que le permiten transponer los límites de su especie y constituirse en una nueva forma de desarrollo y progreso evolutivo*”. Otra definición dada por este mismo autor es “*desarrollo progresivo gradual de las especies*” (1930, pág. 6; 1936, pág. 204). En esta última se especifica claramente el concepto de cambio “gradual” y “progresivo”, en ambas se plantea el cambio en el nivel de especie (especiación), no hay referencia a procesos macroevolutivos ni al origen común de todos los seres vivos.

Según Weiss y Horvat (1960, pág. 223), “*evolución significa desenvolvimiento, desarrollo, pasando gradualmente de un estado a otro. Se ha aplicado la palabra en un principio al desarrollo individual, desde el huevo al estado adulto. En el siglo pasado se extendió al desarrollo de una especie actual, a través de estados inferiores y menos perfectos, en el transcurso del tiempo*”.

Para Ebel (1936, pág. 215), “*transformismo es aquella doctrina que intenta explicar el origen de los organismos vivientes, o por lo menos sus diversidades actuales, por medio de transformaciones sucesivas de unas especies de seres en otras. Así de protozoo a celenterado, a Verme, a Protovertebrado, a Pez, a Anfibio, a Reptil y a Mamífero*”. En este caso, el autor usa el término “transformismo”, porque de acuerdo con su criterio, el término “evolucionismo” abarca también a lo inorgánico. Al igual que las otras definiciones ya comentadas, se centra exclusivamente a un nivel supraespecífico y plantea una “escala de progreso” unidireccional falsa.



Otras definiciones consideran que la evolución es el cambio o el origen de las especies por descendencia común. María Cecilia Lastra y cols. (1991, pág. 165) dicen que *“para los biólogos, evolución es sinónimo de cambio en las especies biológicas presentes en la Tierra desde que se formó la vida en ella”*. Esto es inexacto, porque tal definición incluye también al concepto antievolucionista de las creaciones sucesivas. Para Ulises Hidalgo (1995, pág. 246) *“el proceso a través del cual el medio ambiente y las especies ancestrales han dado origen a las que hoy conocemos, recibe el nombre de evolución”*. Alejandro Horvat y Carlos Weiss (1989, pág. 106) plantean que *“el evolucionismo sostiene que los seres vivos actualmente, descienden de seres vivos distintos de ellos, que vivieron en el pasado”*. Natalio Glavic y Nora Ferrada (1986 ó 1991, pág. 88) dicen: *“El otro tipo general de explicación, conocido como transformismo, afirma que “las especies cambian”, que en el transcurso del tiempo pueden transformarse para dar lugar a una o varias especies nuevas distintas. Este cambio que se observa en los organismos durante generaciones sucesivas se llama evolución”*.

Según Mireya Molina y María Eugenia Zárate (1985, pág. 101), *“evolución significa un cambio progresivo, lento y gradual a través del tiempo en las frecuencias génicas de la población, ya sea aumentando o disminuyendo la proporción de algunos genes en el transcurso de varias generaciones”*. Análogamente, Luis Flores y cols. (2001, pág. 104) dicen que *“La evolución consiste en el cambio en la proporción de genes (alelos) en el conjunto de genes de una población, a lo largo de muchas generaciones”*. A diferencia de las definiciones anteriores, éstas describen el proceso en el nivel intraespecífico, y su defecto es no abarcar el nivel supraespecífico. Al igual que otras definiciones comentadas, la define como un proceso *“progresivo, lento y gradual”*, características en las que no todos están de acuerdo. Las definiciones de Flores y cols. y de Molina y Zárate son además excesivamente reduccionistas y corresponden a un concepto largamente superado, presinteticista, preconizado por Fisher (“fisherismo”). Son válidas solamente para la microevolución.

En una sección anterior nos referimos al error de considerar a Lamarck como vitalista. Existen otros errores o imprecisiones frecuentes, como el recién mencionado de conceptualizar a la evolución como un proceso progresivo unidireccional hacia formas “superiores”. Algunos de estos errores más importantes, que se detectaron en los textos revisados, son los siguientes:

1. La presentación de George Cuvier como partidario de las “creaciones sucesivas” (por ejemplo en Bürger, 1902, págs. 2-3; Quijada, 1914, pág. 13; Quijada, 1923, pág. 11; Santier Sain Gabriel, 1923, pág. 29; Vivanco Mora, 1930, pág. 9; 1936, pág. 95; Glavic y Capurro, 1965, pág. 127; Jara, 1969, pág. 169; Horvat y Weiss, 1979, pág. 168; Jerez, 1998, pág. 24).

Cuvier no planteó el origen de nuevas especies, pensaba que las especies destruidas en los grandes cataclismos eran reemplazadas por las que llegaban desde otras zonas geográficas (De Beer, 1970, pág. 16; Prado, 2000, pág. 69). Cuvier escribió: *“Yo no pretendo que haya sido necesaria una Creación nueva para producir las especies existentes: sólo digo que no existían en los lugares en que ahora se las ve, y que han tenido que venir de otros sitios”* (citado por Rostand, 1966, pág. 107). La hipótesis de la destrucción de fauna y flora y su reemplazo por una nueva creación fue propuesta por uno de sus discípulos, Alcide D’Orbigny (1802-1857). El error de atribuirle a Cuvier deriva del libro *“Eloge historique de Georges Cuvier”*, escrito en 1850 por P. Flourens, y el error se expandió rápidamente por enciclopedias y otros libros (Montalenti, 1976, pág. 57), según el paleontólogo Jordi Agustí, además porque los anglosajones conocieron las ideas de Cuvier fundamentalmente a través de su adaptación por parte de los concordistas británicos, que buscaban entregar un fundamento científico al relato bíblico de la creación, sugiriendo que el Diluvio bíblico sería la última de las catástrofes a escala planetaria (Agustí, 1994, pág. 35-36). Jordi Agustí comenta: *“Así pues, el catastrofismo de Cuvier no nace de un creacionismo ingenuo, sino que es la consecuencia lógica de una concepción holista de las asociaciones de fósiles. Sin duda, la etiqueta creacionista con la que aparece en muchas obras de divulgación hubiese constituido para él un motivo de risa”* (Agustí, 1994, pág. 37).

2. Se suele confundir la paleontología con la arqueología, en sus contenidos, alcances o métodos. Como actividades para estudiar la evolución humana, Molina y Zárate (1985, págs. 88 y 110) sugieren visitar ciertos sitios arqueológicos, como las fortalezas incaicas y visitar “la Sala Chilena” del Museo Nacional de Historia Natural. En el texto de Hidalgo y cols. (1995 pág. 278) aparece como “lectura científica” en relación a la evolución humana un artículo sobre “arqueología molecular”. Autores tales como Fernando Jara (1969, pág. 159), Bartolomé Yankovic (1985, pág. 16), Natalio Glavic y Nora Ferrada (1991, pág. 94; 1998) y Irene Mundigo y cols. (1997, pág. 138) se refieren al Carbono 14 como método radiactivo para estudiar fósiles. De más está recordar que el carbono 14 se emplea en arqueología, no en paleontología.

3. Alejandro Horvat y Carlos Weiss (1979, pág. 198) afirman que *“los neodarwinistas, en cambio, suponen fuerzas internas, innatas en los vivientes, que los impulsan a progresar y las modificaciones útiles serán fijadas por la selección natural”*. Esto es falso, los neodarwinistas plantean que la selección natural actúa sobre las mutaciones. La idea de una “fuerza interna” corresponde a ideas finalistas (evolución deísta) o a los partidarios de la evolución dirigida (ortogeneticistas).

4. Molina y Zárata (1985, pág. 107) dicen que “*La teoría propuesta por Darwin ha sido cuidadosamente revisada en el siglo XX (desde los años 1930 a 1950). También se han tomado en cuenta la teoría de De Vries, la integración de ambas y los numerosos conceptos emanados de la Genética, Citología y Bioquímica, que han hecho surgir la Teoría Sintética de la Evolución o Teoría Neodarwinista, la cual daría una explicación científica al proceso evolutivo de los organismos vivientes*”. En realidad, la citología y la bioquímica no tuvieron ninguna influencia en el surgimiento del sinteticismo, que fue producto de la confluencia de tres enfoques con base en las poblaciones: genética de poblaciones, estudios naturalísticos de tipo taxonómico y paleontológicos. En enero de 1947 se realizó en Princeton un Congreso que concordó estas tres disciplinas considerando a los organismos vivos como miembros de poblaciones, encarando el estudio de la evolución en el nivel poblacional y no en el nivel del individuo. Es curioso que esto es reconocido a continuación por las propias Molina y Zárata en la misma página, al señalar que se consolidó a partir de las obras de Theodosius Dobzhansky (genética de poblaciones), Ernst Mayr (concepto naturalístico de especie, variación geográfica de las especies y especiación alopátrida – que el texto comentado llama erróneamente “alopática”) y George G. Simpson (paleontología).

5. En la frase citada hay otro error frecuente, el de denominar “*teoría neodarwinista*” al sinteticismo (confusión bastante frecuentes, por ejemplo en Cellone, 1967, pág. 57; Maynard Smith, 1979, pág. 85; Charlesworth, en Chérfas, 1983, pág. 23-26; Ayuso y Banet, 1999, pág. 191). Natalio Glavic y Nora Ferrada dicen que la teoría sintética de la evolución es conocida también como “*teoría neodarwinista moderna*” (1986 ó 1991 pág. 110) o como “*teoría neodarwiniana moderna*” (1998, pág. 206). Luis Flores y cols. (2001) se refieren al “*Neo-darwinismo o teoría sintética de la evolución*” (pág. 104). Como señalan los propios fundadores de la síntesis evolutiva moderna, el neodarwinismo es una escuela anterior, liderada por Weismann, que predominó entre 1883 y 1886 (Simpson, 1961, pág. 215-216; Dobzhansky, 1969a, pág. 160; Mayr, 1992, págs. 122, 154,155).

6. Se suele explicar las diferencias entre las concepciones lamarquista y darwinista asumiendo que Darwin no aceptaba el efecto directo de los factores ambientales ni la herencia de caracteres adquiridos (por ejemplo, Lastra y cols, 1991, pág. 172). Glavic y Ferrada (1986 ó 1991) afirman que Darwin no estuvo de acuerdo con que “*los organismos se adaptan a su ambiente heredando las variaciones que han desarrollado sus progenitores a través del uso o desuso de algunos órganos*” (pág. 128, pregunta 44).

En realidad, la teoría darwiniana también aceptaba el efecto del uso y desuso de los órganos y la herencia de caracteres adquiridos (Darwin, 1875, págs. 466-470; Darwin, 1977a, págs. 62-63, 160, 227, 471; Darwin, 1987, págs. 261-262), lo cual ha sido reconocido ampliamente (Simpson, 1967, pág. 189; Papp, 1977, pág. 224; Dobzhansky y cols., 1980, pág. 130; Maynard Smith, 1987, págs. 21-23; Radl, 1988a, pág. 321) y fueron los neodarwinistas, encabezados por August Weismann, los que la desecharon reemplazándola por las mutaciones. Según Ernst Mayr (1992, pág. 121), Darwin “*hace no menos de tres grupos de concesiones a la posibilidad de que el ambiente, en el más amplio sentido de la palabra, pueda inducir variación genética y de que los caracteres adquiridos puedan heredarse*”.

7. Luis Flores y cols (2001) afirman que “*Las ideas de Lamarck tuvieron una aceptación general hasta mediados del siglo XIX, cuando el naturalista inglés Charles Darwin publicó su libro El origen de las especies por medio de la selección natural*”. En realidad, Lamarck tuvo en su época pocos seguidores, murió sin ver aceptados sus puntos de vista (Humphreys, 1996, pág. 301), los biólogos ortodoxos rechazaban sus ideas (Strathern, 1999, pág. 17), la mayoría eran fijistas, rechazaban la evolución por razones religiosas (Strathern, 1999, pág. 17). Incluso en Francia, su patria, el lamarquismo fue desterrado por la autoridad de George Cuvier y se mantuvo solamente con algunos partidarios “subterráneos” (Pruna y García, 1989, pág. 18-19). El neolamarquista Félix Le Dantec lo reconoce: “*el transformismo estaba muerto después de Lamarck y es otro transformismo el que Darwin ha resucitado*” (Le Dantec, 1908, pág. 273). Uno de los pocos científicos lamarquistas en la juventud de Charles Darwin era Robert Edmond Grant (1793-1784), quien fue marginado profesional y socialmente (Bowler, 1995, pág. 33-35). Las ideas de Lamarck se hicieron populares solo desde fines del siglo XIX, cuando muchos evolucionistas buscaron una alternativa a la selección natural, relejeron a Lamarck y formaron la corriente neolamarquista (Gould, 1983b, pág. 80). Adria Casinos comenta: “*Puede afirmarse que hasta que Darwin publicó en 1859 su Origen de las Especies, Lamarck fue el gran olvidado*” (Casinos, 1986, pág. xii).

8. Los fijistas suelen confundir a la generación espontánea con la abiogénesis, y concluyen que la vida no pudo surgir evolutivamente por causas naturales desde la materia inerte, porque Pasteur demostró la imposibilidad de la generación espontánea. Por ejemplo, Julio Restat (1924, pág. 345) afirma: “*Generación espontánea o creación: tal es el dilema que la ciencia misma propuso para investigar el origen de la vida. Hemos consultado esa ciencia positiva y nos ha dicho terminantemente por boca de los sabios, No de los teólogos, que no, que no hay tal generación espontánea de hecho, y ni puede haberla de derecho*”.

En años recientes se sigue insistiendo en lo mismo. Scott M. Huse, ultracreacionista estadounidense escribe: *“A estudiantes alrededor del mundo se les enseña la grandeza histórica y científica de la generación espontánea (vida procedente de materia no viviente), a pesar de que tal teoría fue refutada. Redi, Pasteur y Spallanzani probaron que la vida sólo puede provenir de materia pre-existente. La afirmación de que los ratones procedían de prendas sucias de ropa interior, y otras ideas similares, finalmente fueron acalladas. Es irónico, por tanto, que los mismos educadores afirmen que la vida surgió mediante el mecanismo de la generación espontánea. El concepto moderno de evolución orgánica es, simplemente, una refinada regresión a la mentalidad científica del siglo XVI, la cual sostiene otra vez la idea de la generación espontánea”* (Huse, 1996, pág. 12).

Argumentos similares se entregan en diversos textos de estudio (Santier, 1923, pág. 161; Panzarasa, 1933, pág. 26; Ebel, 1936, págs. 211-215; Ebel, 1952:468-469). Por ejemplo, Panzarasa dice: *“Pasteur científicamente nos enseña que todo viviente procede de viviente: luego también el primero. Es claro que sería absurdo pretender demostrar científicamente que el primer viviente fue producido por las solas fuerzas inorgánicas y brutas”*. Con estas afirmaciones se está desconociendo, por ignorancia o mala fe, el hecho obvio de que la “generación espontánea” suponía el surgimiento de formas vivas actuales y complejas directamente desde la materia inerte bajo las condiciones imperantes en nuestro planeta actualmente. Pasteur demostró que eso, obviamente, carece de fundamento. Como expresa Alexander Oparin (1960, pág. 30), *“Desde el punto de vista actual tales tentativas son completamente incomprensibles ya que los microbios no son simples fragmentillos de materias orgánicas, como se pensaba antes de Pasteur...la estructura de los microorganismos unicelulares difiere muy poco de la estructura de las células que componen los organismos multicelulares...Tal suposición es tan absurda como la idea de que las ranas proceden del rocío de mayo o los leones de las arenas del desierto”*. Un problema muy distinto es el origen evolutivo de las primeras formas vivientes a lo largo de millones de años, el que solamente los primeros evolucionistas, como Jean Lamarck consideraban como una simple “generación espontánea”, aceptada comúnmente en esa época. Al respecto, Alexander Oparin (1960, pág. 35) dice: *“Pasteur demostró de modo indudable la imposibilidad de la autogeneración de la vida, en el sentido que se imaginaban sus predecesores. Mostró que los organismos vivos no pueden formarse repentinamente ante nuestros ojos partiendo de las soluciones e infusiones amorfas. Un cuidadoso examen de las investigaciones revela, sin embargo, que nada se opone a la posibilidad de la generación de la vida en otra época o en otras circunstancias. Incidentalmente, el mismo Pasteur, con la reserva que le caracterizaba, hace ciertas salvedades al referirse a sus experimentos”*.

En realidad, la idea de la generación espontánea es antievolucionista, porque mientras se creyó en la generación espontánea, incluso para organismos superiores, no había espacio para una teoría de la evolución de las especies. Como explica Strickberger (1993, pág. 11), *“la creencia en la generación espontánea contradecía la idea de la inmovilidad de las especies, pero al mismo tiempo introducía dudas sobre cualquier tipo de continuidad permanente entre los organismos. Si las especies podían surgir de novo en cualquier momento, o podían ser transformadas caprichosamente en otras, ¿era concebible un mecanismo racional para explicar el origen o la secuencia de acontecimientos que había provocado su aparición?”*. La generación espontánea fue aceptada por Aristóteles y posteriormente fue adoptada por los antiguos cristianos porque simplemente se superponía a la creación divina. Según Léourier (1970, pág. 36) en la tradición cristiana se aceptaba que *“la creación divina fue la primera generación espontánea, y Dios la recomienza cada vez que le place”*. Puede recordarse que el biólogo inglés John Turberville Needham" (1713-1781), que en 1748 publicó *"Observaciones acerca de la Generación, Composición y Descomposición de las substancias Animales y Vegetales"*, trabajo en el que pretendía demostrar la generación espontánea de la vida a partir de la materia inorgánica, era un clérigo católico.

La confusión entre la generación espontánea de las formas actualmente vivientes y el origen evolutivo de la vida en épocas pretéritas también se encuentra en libros que se presentan como evolucionistas. En un texto para octavo básico (Monserrat y cols. 1993, págs. 136-139) se inicia el planteamiento del Origen de la vida en la Tierra con la hipótesis de Oparin y el experimento de Miller-Urey. Luego se agrega: *“En la actividad anterior ya has conocido que las primeras formas vivientes surgieron bajo condiciones reinantes hace miles de millones de años, y que estas formas son muy diferentes de las actuales. Aquellas condiciones han podido ser reproducidas en parte en los laboratorios. El estudio y análisis de las experiencias de Francesco Redi, que a continuación conocerás, así como las de Jean Baptiste Van Helmont, Lazzaro Spallanzani y Luis Pasteur con relación al origen de la vida, demuestra que las teorías pueden ser modificadas a la luz de los nuevos conocimientos, así como lo importante que es la aceptación del nuevo conocimiento científico, cuya creación es una tarea colectiva y no individual”*. Es evidente que la asociación de ambos tipos de “origen de la vida” como un problema único lleva a la confusión de los alumnos, porque en el texto comentado se sugiere que las ideas de Oparin y el experimento de Miller-Urey rechazaron o modificaron a las ideas y experimentos previos de Jean Baptiste Van Helmont, Lazzaro Spallanzani y Luis Pasteur, lo cual obviamente no es cierto, porque se referían a problemas distintos.

Análogamente, Jara (1966, 1969) afirma que el problema de la aparición de los seres vivientes se plantea a través de tres hipótesis principales: panspermia, generación espontánea y creación. Sobre la generación espontánea dice: “*Supone que el azar determinó la organización de los componentes orgánicos, hasta formar la primera materia viviente. Esta hipótesis tiene dos aspectos: la generación espontánea pretérita – que ha sido desechada – y la contemporánea, que aunque de remota posibilidad, no puede desecharse totalmente. La gran mayoría de los científicos no acepta esta forma de aparición de los seres vivos*” (1966, pág. 166; 1969, pág. 162). Al respecto podemos señalar varios errores: 1. Confundir la generación espontánea con la abiogénesis, 2. Decir que la generación espontánea pretérita está desechada y que la contemporánea tiene una remota posibilidad. Si se entiende por “*pretérita*” la abiogénesis de Oparin-Haldane, no está desechada; si se refiere al antiguo concepto científico impugnado por Pasteur, si lo está, pero el término “*pretérita*” no le corresponde (análogamente lo mismo vale para “*contemporánea*”), 3. Señalar que la abiogénesis corresponde al surgimiento de la vida por simple azar, lo cual desconoce el papel de la selección natural, que es un proceso anti-azar, y 4. Afirmar que la gran mayoría de los científicos no lo acepta. Es justamente lo contrario, la abiogénesis es aceptada por todos los científicos que trabajan en este campo. Extraña y contradictoriamente en las páginas previas se habla de la hipótesis de Oparin y de los experimentos de Miller, como la explicación científica vigente del origen de la vida!

9. Con cierta frecuencia los textos de divulgación, y algunos textos de estudio afirman que el ornitorrinco posee caracteres de mamíferos y de aves. Por ejemplo, Fernando Jara (1969, pág. 169) señala que “*posee ranfoteca córnea y membranas interdigitales como las aves*”. Los mamíferos derivan de reptiles, y sus caracteres primitivos son reptilianos, no avianos. La ranfoteca córnea es un carácter análogo, superficialmente similar en su forma con el pico de los patos, por otra parte las tortugas, dinosaurios y otros reptiles también poseen o poseían ranfotecas; las membranas interdigitales surgen convergentemente en muchos vertebrados acuáticos independientemente, incluyendo mamíferos como los castores o coipos y el huevo telolecítico y con cáscara dura es típico tanto de reptiles como de aves (sus descendientes). Los caracteres típicos de aves, tales como plumas, huesos neummatizados, sacos aéreos, cráneo diápsido modificado, características de las patas, son absolutamente ajenos a los monotremas y otros mamíferos, como debía esperarse de acuerdo con la filogenia conocida de los vertebrados.

10. Las objeciones que plantean los fijistas a la selección natural carecen de validez porque derivan de un concepto erróneo acerca de este proceso o de suposiciones equivocadas. Las principales de estas objeciones encontradas en los libros revisados son las siguientes:

a) *“En cada generación de individuos numerosos, los que presentan variaciones o caracteres anormales, son siempre en número muy restringido, en comparación de los individuos normales: estos son la ley general; aquellos la excepción. De este modo si suponemos que en la primera generación, presenta variación anormal el uno por ciento de los individuos, en la segunda, la misma variación se encontrará en el centésimo de un centésimo de la suma de todos los organismos; y con el aumento de las generaciones, los caracteres divergentes prácticamente se reducirán a cero, en comparación de los normales”* (Santier, 1923, págs. 249-250). Este planteamiento es falso. De acuerdo con el principio de Hardy-Weinberg, en ausencia de factores como mutaciones, deriva génica, flujo génico y selección natural, los genes tienden a conservar sus frecuencias constantes, de manera que si un determinado gen está representado en el reservorio genético en un 1%, en ausencia de tales factores tenderá a mantenerse en esa misma proporción, no hay razones para que disminuya; si opera una presión de selección positiva, aumentará gradualmente, y por efecto de una presión de selección negativo disminuirá de igual forma. Hay ejemplos históricos que lo demuestran, como es el caso de la variedad melánica de la mariposa *Biston betularia*, cuya frecuencia aumentó sostenidamente en las zonas industrializadas de Inglaterra, mientras paralelamente disminuyó la forma no melánica. Se calcula que durante el siglo XIX, las formas no melánicas de esta mariposa pasaron desde un 98% a un 5 ó 6%, en aproximadamente unas 40 generaciones (Strickberger, 1993, pág. 455).

b) *“Por la correlación que hay entre todos los órganos del individuo, una modificación introducida fortuitamente en uno y no en otro, sería un desorden mortal, más bien que una ventaja; y suponer que la selección opera admirablemente sobre todo el organismo, con oportunidad, finalidad, inteligencia, es absurdo; ni los mismos maestros lo quieren admitir”* (Santier, 1923, pág. 252). Esta afirmación es una clara exageración. Una modificación introducida fortuitamente, mediante una mutación, en cualquier órgano, no tiene por qué transformarse en un desorden mortal. De lo contrario, no podrían existir los cientos de razas de perros, por ejemplo, que presentan grandes diferencias en diversas estructuras corporales, como fruto de la selección de determinadas mutaciones.

c) *“La actividad de la selección natural es nula. Ella se limita a suprimir las variaciones dañinas o desfavorables, y a mantener las especies en sus caracteres normales. Lejos de ser instrumento de Evolución de las especies, la selección mantiene su fijeza”* (Delage, en Santier, 1923, págs. 253-254). Efectivamente, la selección natural puede suprimir variaciones dañinas o desfavorables, manteniendo los caracteres promedios (selección centripeta, normalizante o estabilizante).



Pero existen otros dos tipos básicos de selección natural en relación a la parte de la curva de caracteres que tiende a eliminarse: la selección natural direccional o progresiva, que elimina a uno de los extremos de la curva (no a ambos como la normalizante), y la selección natural disruptiva o centrífuga, bimodal, que tiende a eliminar a los genes característicos de los ejemplares promedio, tendiendo por la tanto a separar a la población en dos grupos (Strickberger, 1993, pág. 457; Stebbins, 1978, pág. 83-86). Son estos dos tipos de selección natural los implicados en los procesos evolutivos, ambos confirmados mediante numerosos experimentos y observaciones en terreno.

d) *“Nadie de nosotros quiere, ni debe negar la lucha de los seres vivientes, donde realmente la hay... Pero todo esto no prueba la evolución; lo lógico es ver en ello el medio de conservación para la especie vencedora, y la sujeción de la especie vencida...”*, *“No es tampoco cierto que esa lucha se traba entre todas las especies. El mismo Darwin tiene muchas páginas para mostrar que en el reino de la vida hay especies de animales y vegetales que mutuamente concurren al propio bienestar... “.* *“Si la lucha por la existencia tuviera realmente los efectos que Darwin le atribuye tan gratuitamente, lo primero que mataría sería la teoría de Darwin, es decir, haría imposible la evolución. Porque las víctimas de los luchadores serían ciertamente los individuos jóvenes y los viejos, como los más débiles. Muriendo los jóvenes, no podrían los forzados ser nunca substituidos y pronto se extinguiría la especie, y con ella todo poder evolutivo”* (Santier, 1923, págs. 267-271). *“La “lucha” no parece tan marcada ni universal, como lo exige la hipótesis; hay muchos fenómenos donde, para hablar con Kropotkin, (favorece la Sel. Nat.) la Naturaleza dice “No luchéis”* (Drathen, 1925, pág. 169). El mismo error conceptual se encuentra en el libro de Bürger: *“El progreso de la humanidad es debido a la lucha por la existencia, tanto individual como de las naciones. Esta lucha es hoy día entre las naciones europeas esencialmente intelectual”* (Bürger, 1902, pág. 18). Del mismo modo, entre las objeciones que plantean Natalio Glavic y Luis Capurro (1965) al mecanismo evolutivo darwinista queda igualmente de manifiesto esta interpretación equivocada de este proceso. Respecto a estos planteamientos erróneos acerca de lo que significa “selección natural” se expresó Vivanco Mora en párrafos ya citados (1936, pág. 116-117).

Estas críticas se basan en un concepto erróneo de selección natural, como una “lucha” directa entre organismos “fuertes” y “débiles”. La selección natural es la mayor probabilidad de determinados genes de pasar a través de las generaciones y extenderse más fácilmente (selección positiva) que algunos de sus alelos (selección negativa). Para comprenderla cabalmente debe tenerse un concepto poblacional de especie, no pensar solamente en términos de individuos aislados, como ocurre con muchos antievolucionistas.

Para entender cómo se produce la evolución hay que pensar en que las especies son grandes reservorios de genes, y es el reservorio genético el que cambia a través de las generaciones, lo cual ocurre mediante diversos factores, entre ellos la producción de nuevas variantes de genes (mutaciones de punto), nuevas combinaciones de genes (fenómenos sexuales, fenómenos cromosómicos), el ingreso de nuevos genes (introgresión, flujo génico), incremento, reducción o pérdida de variaciones genéticas por efectos del azar (deriva génica) y selección de variaciones y combinaciones de genes favorables (selección natural). Los individuos no evolucionan, simplemente se mueren o sobreviven, pero la muerte o la sobrevivencia de los individuos asociados a sus diferencias genéticas y a su probabilidad de dejar hijos fértiles, producen los cambios en los reservorios de genes que se traducen finalmente en evolución.

e) *“La primera aparición de organismos adaptados no se explica, porque mientras las pequeñísimas variaciones no tenían utilidad para el individuo, no podrían estar sujetas a la Selección Natural, no se podrían haber conservado y, menos todavía, podrían haberse desarrollado, ya que por el cruzamiento debían haberse borrado, en cualquier momento”* (Drathen, 1925, pág. 169). Esta crítica desconoce que un nuevo carácter puede surgir inicialmente en forma muy manifiesta, mediante una mutación o por la interacción de dos o más mutaciones. Por ejemplo, una simple mutación puede hacer la diferencia entre la existencia de alas bien desarrolladas o su ausencia, presencia o ausencia de cuernos, color blanco o negro, etc., sin existir estados intermedios ni rudimentarios. En segundo lugar, un carácter puede seleccionarse inicialmente como una adaptación a un factor determinado y luego seleccionarse en relación a una función diferente. Por ejemplo, no es necesario que las plumas hayan aparecido inicialmente facultando el vuelo de las aves, probablemente lo hicieron como una adaptación relacionada con la mantención de la temperatura corporal, y posteriormente se seleccionaron en el otro sentido (“exaptación”). En tercer lugar, un mismo gen puede producir varios efectos (pleiotropía), de modo que la selección positiva de uno de ellos puede llevar automáticamente a la mayor manifestación de un segundo efecto, que podrá ser posteriormente sujeto a otro tipo de selección. La asociación debida al azar entre un carácter de poco valor adaptativo con otro de gran valor adaptativo, en una población fundadora o pionera, acentuada por el cruzamiento entre parientes cercanos, puede producir condiciones para una nueva dirección adaptativa (Stebbins, 1978, pág. 81). Además, existen caracteres ligados alométricamente durante el desarrollo, de modo que si la selección natural favorece, por ejemplo, el aumento de dimensiones, ello puede llevar al crecimiento alométrico de alguna parte corporal determinada, sobre la cual puede seguir actuando la selección. Por último, es falsa la afirmación de que el cruzamiento “borra” las nuevas características, concepto basado en la idea premendeliana de la herencia mezclada o difusa.

f) *“La Sel. Nat. no puede admitir la existencia de un organismo adaptado en varios sentidos, p. ej. que tenga buen oído y buena vista; porque, mientras que la Selección acentuaría la vista, se cuidarían también animales de oído regular, con tal que tuvieran buena vista, así que en la especie quedaría el oído en el nivel mediano y no podría perfeccionarse”* (Drathen, 1925, pág. 169). Esta crítica tendría sentido si la selección natural actuara secuencialmente sobre diferentes caracteres, por ejemplo si durante miles de años se seleccionaran positivamente los individuos con un buen oído y luego dejara de operar y comenzara la de ejemplares con buena vista, lo cual obviamente llevaría a la pérdida de lo avanzado sobre el primer carácter.

La selección opera simultáneamente sobre los diferentes genes, que se mezclan y recombinan mediante la reproducción sexual. De manera que podemos suponer que en una población de herbívoros hay en relación a estos caracteres cuatro tipos de ejemplares: con buena vista y oído deficiente, con vista deficiente pero buen oído, con ambos sentidos deficientes y con ambos sentidos bien desarrollados. Los con ambos sentidos deficientes serán fácil presa de los depredadores y dejarán poca descendencia (selección negativa), los con ambos sentidos excelentes serán poco depredados y dejarán en promedio un mayor número de descendencia (selección positiva), los otros dos tipos de individuos se encontrarán en general en una condición intermedia. Por lo tanto, con el tiempo y el cruzamiento al azar de todos los individuos, los genes determinantes de “buen oído” y de “buena vista” (que pueden ser numerosos y diversos) se irán recombinando y aumentarán gradualmente en la población, en cambio sus alelos tenderán a desaparecer, y la especie mejorará simultáneamente en ambos sentidos. Si la población cambiara sus hábitos diurnos por nocturnos, o la vida superficial por la subterránea, posiblemente cambiará la selección en relación a ambos sentidos, o si cambian los depredadores que sobre ellos actúan (por ejemplo más silenciosos o más bulliciosos) también podrá cambiar la presión de selección sobre el oído, pero ese es otro asunto.

g) *“Todos los casos en que un órgano, sólo en comunicación con otro, tiene función útil, no son explicables por la Sel. Nat., la que favorecería p. ej. un músculo, y el nervio que tuviera que moverlo quedaría atrasado”* (Drathen, 1925, pág. 169). Esta crítica supone que cada gen controla una pequeña zona del organismo, y solo un tejido, a la manera de un mosaico. No es así, cada gen participa en procesos bioquímicos que intervienen en determinadas zonas corporales. La focomelia, mutación que altera la estructura de las extremidades, produce cambios simultáneos en los huesos, cartílagos, músculos, nervios, tendones, piel, etc., del órgano modificado.

Guyénot (1964, pág. 117) dice: “Además, en la focomelia-mutación (y contrariamente a otras variaciones semejantes exteriormente pero que no son hereditarias) se ve que, paralelamente a la deformación del esqueleto, los músculos se hacen más cortos y más gruesos, extienden sus superficies de inserción; los nervios y los vasos adaptan su trayecto al nuevo modelo del miembro”. Si una raza de perro doméstico presenta las orejas muy cortas o por el contrario muy largas, o colgantes o por el contrario levantadas, hay diferencias respecto a otros perros en todos los tejidos que conforman las orejas, no se conoce una mutación que, por ejemplo, desarrolle la musculatura de la oreja sin que a la vez ocurran cambios concomitantes en su inervación, vasos sanguíneos, piel, etc.

h) “En miles y millones de casos, no depende el ser y no ser de la organización mejor o peor, sino de la situación en que se encuentra el organismo” (Drathen, 1925, pág. 169). “Muchas veces decide una fuerza mayor con tanta soberanía sobre la suerte de los gérmenes y formas adultas, que un poso de más apto o más inepto no influye nada en la pérdida o la conservación de los individuos, p. ej.: un terremoto aplasta con las murallas de las cascadas los hombres fuertes y débiles, los animales ligeros y lentos, los de color simpático y los de colores resaltantes” (Drathen, 1925, pág. 156). “La lucha entre las especies no es la única causa del exterminio. La intervención del hombre, los períodos de sequedad, de humedad, de frío, de nieve, los casos de epidemias, de enfermedades, de inundaciones, etc. Son causas poderosas de extinción de especies, sin que intervenga lucha verdadera” (Ebel, 1936, pág. 143). Es cierto que las catástrofes matan al azar a muchos individuos, independientemente de sus genes, simplemente porque no son selectivas. Pero el hecho de que existan muertes masivas no selectivas no significa que no existan otros tipos de fenómenos selectivos en el nivel genético (que pueden o no incluir mortalidad).

Si una población está compuesta por diez mil individuos y una catástrofe la reduce a dos mil, la selección natural actuará, obviamente sobre esos dos mil, y las características genética de los otros ocho mil son irrelevantes en relación a la selección natural. Sin embargo, la propia reducción poblacional tiene efecto evolutivo, porque en una población más reducida (por cualquier causa) aumentan los efectos de la deriva génica y de la selección natural. La deriva génica tiene mayor influencia en poblaciones reducidas que en las mayores debido a que la nueva población es una pequeña muestra al azar de la original, alterando el equilibrio génico establecido por el principio de Hardy-Weinberg, y la selección natural se hace más intensa porque en poblaciones pequeñas se incrementa la homocigosis por intracruzamiento (Mettler y Gregg, 1972, pág. 224).

i) *“El principio de la Sel. Nat. no explica el ascenso de la organización en los tipos animales y vegetales”* (Drathen, 1925, pág. 169). Efectivamente, la selección natural no explica necesariamente cualquier cambio macroevolutivo, y no tendría por qué explicarlo, puesto que es solo uno de los muchos factores de la evolución. Es difícil afirmar que cualquier cambio macroevolutivo sea realmente un mecanismo de *ascenso de la organización*, porque los conceptos de evolución progresiva hacia *“niveles superiores”* es un concepto subjetivo y muy discutible, que lleva implícita una visión vitalista o finalista de la vida (Brncic, 1978, pág. 13). Sin embargo, la selección natural explica perfectamente algunas tendencias evolutivas que se observan en el registro fósil, por ejemplo el crecimiento corporal de algunos linajes o el aumento de la capacidad craneana, relacionado con el crecimiento progresivo del cerebro en mamíferos (Dawkins, 1993, pág. 224).

j) *“Darwin toma todos sus ejemplos de poblaciones o sea de híbridos que son mezcla de líneas puras y de los experimentos hechos saca sus conclusiones y, por consiguiente, tuvo que incurrir necesariamente en el error”* (Ebel, 1936, pág. 141). Esta objeción se basa en los experimentos de Wilhelm Johansen (1875-1927), que creyó demostrar que no puede producirse selección natural trabajando con autofecundación de alubias homocigotas para dimensiones de semillas, seleccionando y cultivando generaciones de tamaños extremos (Milner, 1995, pág. 403-404). En esas condiciones no puede haber selección natural, porque ésta requiere variabilidad genética poblacional. Este principio fue formulado matemáticamente por Fisher: *“cuanto mayor es la variabilidad genética sobre la que puede actuar la selección a favor de la eficacia biológica, tanto mayor resulta el aumento esperado de ésta”* (Strickberger, 1993, pág. 457). Las poblaciones naturales son genéticamente variables, no existen en la naturaleza *“líneas puras”*, por lo tanto Darwin actuó acertadamente al tomar ejemplos de poblaciones heterogéneas y fue Johansen quien *tuvo que incurrir necesariamente en el error*, por intentar producir selección en poblaciones completamente homocigotas.

k) *“La selección natural entendida como persistencia del más apto, favorece igualmente al carácter ofensivo que al defensivo, o dicho de otra manera: favorece igualmente a los individuos destinados a ser la víctima que al victimario. Si esta igualdad no existiera desde los tiempos históricos, uno de los dos grupos se habría extinguido y al desaparecer la víctima arrastraría consigo en su ruina al victimario por falta de alimento”* (Ebel, 1936, pág. 143). En esta crítica se piensa erróneamente que la selección natural es un enfrentamiento directo y agresivo entre *“victimarios”* y *“víctimas”*. Cuando ello ocurre, como en poblaciones de depredadores y presas, normalmente ambas se estabilizan y ninguna de ellas se extingue.

Durante el proceso, a través de miles y millones de años, ocurre una coevolución, una especie de “carrera de armamentos”, ofensivos y defensivos, consistente en una presión de selección simultánea en ambas especies, por lo tanto ocurre selección natural bajo esas condiciones, tanto depredadores como presas pasan a ser progresivamente cada vez más eficientes. Al respecto, Dawkins (1993, pág. 224) comenta los trabajos de Harry Jerison sobre el tamaño encefálico de mamíferos fósiles: *“En un momento determinado, los herbívoros mostraron una tendencia a tener cerebros más pequeños que los carnívoros contemporáneos que los cazaban. Más tarde, los herbívoros mostraron una tendencia a tener cerebros mayores que los herbívoros anteriores, y los carnívoros, cerebros mayores que los carnívoros anteriores. Parece que estamos viendo, en los fósiles, una carrera de armamentos o, más bien, una serie de carreras de armamentos que comienzan una y otra vez, entre carnívoros y herbívoros”*.

l) *“Lo que perece en mayor número son los gérmenes y los huevos. Es difícil admitir que éstos luchan por vivir y que entre ellos se opere una selección”* (Ebel, 1936, pág. 144). Los antievolucionistas no pueden comprender que los gametos y huevos “luchen por la vida”, aunque así es en efecto. El término “lucha por la vida” es metafórico, y se refiere al mecanismo de la selección natural, que ocurre en todas las etapas del ciclo de desarrollo, desde los gametos hasta los adultos. Existen conjuntos de valores de adaptación tanto para el estado gamético como para el genotipo diploide. Son factores selectivos en el nivel de gametos sus diferencias en viabilidad y en su actividad competitiva durante la fecundación (Mettler y Gregg, 1972, pág. 109-111).

m) *“La selección no explica cómo un grupo taxonómico se transforma en otro sin dejar más huellas que los fósiles, y cómo unos grupos desaparecen, mientras que otros sobreviven en las mismas condiciones de vida”* (Hidalgo y cols. 1995, pág. 260). La primera parte de la frase (*“La selección no explica cómo un grupo taxonómico se transforma en otro sin dejar más huellas que los fósiles”*) no es clara. La selección natural y otros factores evolutivos explican cómo un grupo se puede transformar en otro y las únicas huellas que dejan las especies que se extinguen son los fósiles. ¿Qué otra cosa se podría esperar?. La segunda pregunta (*“¿cómo unos grupos desaparecen, mientras que otros sobreviven en las mismas condiciones de vida?”*) tiene fácil respuesta. Aparte de las extinciones debidos al azar (en catástrofes, por ejemplo), muchos grupos se reducen progresivamente y se extinguen por la competencia con organismos que presentan *las mismas condiciones de vida*, que sobreviven al ganar la competencia.

Es el caso de la extinción de los grandes mamíferos herbívoros sudamericanos, que entraron en competencia con los llegados a través del istmo de Panamá durante el Plio-Pleistoceno, y de los multituberculados, que desaparecieron durante el Eoceno por la competencia con los roedores (Maynard Smith, J. 1970, págs. 284-285 y 319-321).

### 15.8. Características deseables

De acuerdo con la revisión efectuada, y considerando los que hemos denominado “desafíos para la enseñanza de la evolución biológica”, creemos que un buen texto de enseñanza acerca de esta materia, debería caracterizarse, en cuanto a sus contenidos, por:

1. Definir “evolución biológica adecuadamente, de manera amplia y de acuerdo a los conceptos actuales, sin limitarse a señalar el cambio genético poblacional. Aclarar las diferencias de “evolución” en cuanto a *proceso* y en cuanto al *mecanismo* explicativo de dicho proceso.

2. Aclarar el campo de acción de la evolución biológica, evitando que los alumnos confundan la evolución biológica con la evolución cósmica o la evolución cultural, es deseable hacer una distinción explícita entre estos tres procesos.

3. Aclarar el alcance del término “teoría” en relación con la evolución. Considerar adecuadamente el tema evolutivo en relación con el método científico. Aclarar y justificar por qué el llamado “creacionismo científico” no es un planteamiento científico ni da lugar a investigaciones científicas.

4. Explicar adecuadamente las principales pruebas o evidencias de la evolución biológica, que explican por qué es un proceso que está más allá de cualquier duda entre los biólogos profesionales relacionados con el tema.

5. Discutir los distintos tipos de “adaptación” y sus relaciones con el proceso evolutivo.

6. Explicar y ejemplificar adecuadamente al lamarquismo y al neolamarquismo, así como al darvinismo y al neodarvinismo.

7. Explicar el proceso de selección natural en forma correcta y adecuadamente completa, aclarando que no se trata de un “combate” entre organismos, que puede mantener poblaciones sin cambios (normalizante) y que tiene aspectos creativos.

8. Entregar en forma adecuada los distintos aspectos del sinteticismo, especialmente en lo relativo al mecanismo evolutivo..

9. Explicar y ejemplificar adecuadamente diferentes tipos de mutación, resaltando su carácter genético y la posibilidad que generen caracteres ventajosos.

10. Explicar y discutir los diferentes conceptos modernos de especie, sin limitarse a la “bioespecie” tradicional.

11. Explicar y discutir los diferentes modelos principales de especiación, sin limitarse a la especiación alopátrida.

12. Referirse al origen de la vida en un contexto moderno y amplio, sin limitarse a explicar el modelo de Oparin-Haldane y los experimentos de Miller y Fox.

13. Explicar y ejemplificar la hipótesis endosimbiótica relativa al origen de las células eucarióticas y los reinos.

14. Explicar adecuadamente la antigüedad de la Tierra, métodos de datación, Eras geológicas y registro fósil.

15. Desarrollar el tema del origen del ser humano en un contexto amplio y moderno, sin limitarse a enumerar las especies clásicas de hombres fósiles como si formaran una secuencia no ramificada y unidireccional.

16. Referirse a los aspectos sociales de la evolución humana, tales como racismo, darwinismo social, altruismo, etc.

17. Explicar cómo ocurre el proceso evolutivo, en forma fundamentalmente ramificada y en ningún caso unidireccional.



18. Entregar referencias específicas, adecuadas y equilibradas en relación al desarrollo histórico de las ideas evolucionistas.

A los texto de estudio modernos se le exigen cumplir no sólo con aspectos relativos a los contenidos, como los enunciados, sino también en relación con aspectos didácticos. Acogiendo y resumiendo ideas entregadas por otros autores (Mejía y Venegas, s/a; National Academy of Sciences, 1998), podemos señalar las siguientes:

1. Señalar objetivos explícitos o presentación del problema.
2. Secuenciación de contenidos clara y lógica, gradual, ordenada y coherente.
3. Ser motivador, relacionando los contenidos con la experiencia de los alumnos.
4. Entregar información veraz, válida, objetiva y actualizada.
5. Ilustraciones, cuadros y gráficos adecuados e idóneos en tipo y número.
6. Lenguaje claro, preciso, conciso, adecuado al nivel de los estudiantes.
7. Profundidad de contenidos adecuada.
8. Ejemplificación oportuna, adecuada y variada.
9. Problemas y ejercicios que induzcan a razonar, relacionar o aplicar.
10. Actividades prácticas relevantes e idóneas, expuestas con claridad.
11. Entrega de oportunidades y criterios para autoevaluación.
12. Se dejan aspectos para los cuales se invita a los alumnos a consultar otros medios.
13. El texto permite al estudiante vincular el conocimiento con su realidad.
14. El texto permite al alumno aplicar lo aprendido.
15. El texto permite al alumno analizar lo aprendido.
16. El texto incentiva al alumno a desarrollar su creatividad.
17. El texto incentiva a emitir juicios críticos, basados en razones.
18. Se entrega bibliografía adecuada, actualizada, suficiente y de fácil acceso

## 16. RESUMEN DE LOS RESULTADOS

1. Entre los precursores de las ideas de la evolución biológica se suele considerar al primer naturalista, filósofo y matemático chileno, sacerdote jesuita Juan Ignacio Molina (1737-1829), aunque su posición concuerda más bien con la antigua idea de la “Escala de los Seres”.

2. Durante su viaje en el bergantín “*Beagle*”, estuvo en Chile Charles Darwin, cuya estadía no pasó inadvertida para las autoridades ni los intelectuales y científicos nacionales. La idea moderna de la evolución biológica surgió en este viaje, en parte en territorio chileno.

3. A fines del siglo XIX y comienzos del XX, varios intelectuales chilenos se manifestaron a favor o en contra del evolucionismo (Valentín Letelier, Juan E. Lagarrigue, Jenaro Abásolo, José Juan Bruner, Diego Barros Arana, Luis Arrieta Cañas, Alberto Liptay, Eduardo de la Barra, Alphonse Nogués, Simón B. Rodríguez, José Pinochet Le Brun, Alfonso Gumucio, Alejandro Vicuña, Eliodoro Astorquiza, Julio Restat, Hugo Lea-Plaza).

5. En el ámbito universitario, entre los biólogos, no existió oposición al evolucionismo. Al inicio del siglo XX comenzaron a incorporarse las ideas darvinistas a los cursos de Biología de la Universidad de Chile, especialmente a través del Dr. Juan Noé Crevani. En la década de 1920 llegaron a Chile el profesor Alejandro Lipschutz Freidmann y el Dr. Georg F. Nicolai, que respectivamente se preocuparon por el darvinismo y la evolución humana.

6. Las principales investigaciones en evolución biológica en Chile, durante el siglo XX, se produjeron en la Facultad de Biología y Ciencias Médicas de la Universidad de Chile, Museo Nacional de Historia Natural, Centro de Investigaciones Zoológicas, Facultad de Filosofía y Educación de la Universidad de Chile, Departamento de Biología Celular y Genética de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, y en el Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Austral de Chile.

7. Numerosos investigadores chilenos han contribuido con publicaciones de divulgación, docentes o de investigación en el campo del evolucionismo, especialmente a partir de 1980. Aparentemente, en Chile no se han producido textos de autores nacionales para la enseñanza de la evolución en el nivel universitario, salvo un texto de Biología celular y genética que contiene algunos capítulos sobre evolución.

8. En “*Elementos de Historia Natural*” de Rodolfo Amando Philippi (1866), el primer libro de Ciencias Naturales para el uso de la enseñanza secundaria en Chile, se encuentra la primera mención pública realizada en Chile de las ideas darvinistas sobre la evolución biológica, aunque este texto se limita simplemente a exponer las ideas de Darwin, sin apoyarlas.

9. La incorporación de la Historia Natural en la enseñanza de los liceos, y en especial la enseñanza de las ideas evolucionistas, fue fuertemente resistida por grupos conservadores. Durante varias décadas se produjo el enfrentamiento político e ideológico entre dos bandos irreconciliables que deseaban orientar la enseñanza pública, los laicos-liberales y los católicos conservadores o “ultramontanos”. En el grupo de los conservadores participaban activamente los miembros del clero, y varios de los líderes del grupo laico-liberal pertenecían a la Francmasonería o masonería.

10. En 1902 se incorporó la evolución biológica en el programa oficial de enseñanza para las escuelas públicas y se editaron los primeros textos de estudio dedicado a este tema: “*La Teoría de la Evolución*” o “*La teoría biológica de la evolución natural de los seres vivos*” de Bernardino Quijada Burr, “*Teoría de la evolución*” de Otto Bürger, y “*La Teoría de la Evolución*”, de Federico Johow. Se trató de los primeros libros dedicados a desarrollar extensamente las ideas evolucionistas en Chile. El texto de estudio de Quijada marcó un hito importante, porque polarizó rápidamente a entusiastas partidarios y a furibundos detractores de la evolución orgánica.

11. A partir de 1923, como reacción al libro de Quijada, se publicó una serie de textos antievolucionistas, o al menos muy críticos contra el darwinismo, escritos por sacerdotes católicos (E. Santier Saint Gabriel, Theo Drathen, Valentín Panzarasa, Guillermo Ebel, Alejandro Horvat y Carlos Weiss).

12. Fallecido Bernardino Quijada, su libro fue continuado por Humberto Vivanco Mora, miembro de la Orden Masónica, al que sucedió posteriormente en la misma editorial, el escrito por Carlos Silva Figueroa.

13. En los textos de estudio elaborados en Chile se produjo una clara tendencia a la disminución del porcentaje dedicado al tratamiento de la Evolución Biológica, reducción que se justifica por el importante desarrollo de otros campos biológicos de interés general: Biología molecular, problemas ambientales, adelantos en materia de reproducción, el abuso de drogas, etc. Su reducción pudo deberse además a que es difícil seleccionar actividades prácticas adecuadas acerca de evolución y se trata de un tema muy amplio, lo que dificulta su enseñanza.

14. Durante la reforma educacional impulsada por Eduardo Frei Montalva, demócratacristiano, se eliminó el tema “Evolución” de los programas de Biología de enseñanza media en Chile, situación que se mantuvo por casi 20 años.

Hay fundadas razones para pensar que la eliminación de la evolución de los programas educativos hacia el final de ese gobierno, pudo deberse a presiones de sectores religiosos ultraconservadores.

15. Los contenidos sobre Evolución biológica se reintegraron a la Enseñanza Media chilena en 1985, y durante un tiempo se incluyeron en sexto año básico, pero en la década de 1990 pasaron al plan optativo. De acuerdo con la nueva Reforma Educacional, el tema evolutivo se ha incluido nuevamente en el plan común, pero el tercer año medio.

16. Desde un comienzo, en los textos de enseñanza media se dieron ejemplos relacionados con especies nacionales durante la exposición o discusión de la materia relativa al concepto de especie y a la evolución biológica, pero los textos más recientes se han preocupado escasamente por entregar ejemplos chilenos.

17. Los textos de Quijada representan claramente la visión de la época del “eclipse del darvinismo” o período agnóstico: adhesión absoluta al evolucionismo, pero sin decidirse entre las diferentes escuelas, con críticas a favor y en contra de las posiciones de Etienne Geoffroy de Saint Hilaire, Jean Lamarck, Charles Darwin, Hugo De Vries, etc. En la séptima edición de su libro, Bernardino Quijada parece aceptar el evolucionismo teísta y se amplía las objeciones al principio lamarquiano del uso y desuso de los órganos.

18. En el texto de Theo Drathen de 1925 se acepta a la evolución como una hipótesis, y, aunque es decididamente antidarvinista, reconoce que la gran mayoría de los biólogos modernos de aquella época eran evolucionistas. En cambio, Santier Saint Gabriel (1923), fijista a ultranza, representa una postura que al menos en los círculos científicos ya no se mantenía en esos años. El libro de Guillermo Ebel (1936), en la línea ultracreacionista de Santier Saint Gabriel, resulta aún más anacrónico.

19. En 1936, cuando se publicaron los textos de Guillermo Ebel y Humberto Vivanco Mora, recién se iniciaba el proceso de síntesis, y el libro de Vivanco Mora muestra algunos indicios en ese sentido. En 1940, el sinteticismo no se consolidaba totalmente y el texto de Carlos Silva Figueroa de aquel año aún mantiene como alternativas a los bandos neolamarquista y neodarvinista. En algunos párrafos se manifiesta abiertamente lamarquista.

20. Las ideas del sinteticismo se incorporaron con cierta prontitud a los libros de estudio chilenos. Textos como los de Alejandro Horvat y Carlos Weiss (1979), Mireya Molina y María Eugenia Zárate (1985), María Cecilia Lastra y cols. (1991), Ulises Hidalgo y cols. (1995) y Natalio Glavic y Nora Ferrada (1998), presentan claramente las ideas básicas del sinteticismo, pero hay escasas referencias a los avances más recientes, correspondientes al período de Postsíntesis.

21. No existe unanimidad en cuanto a la importancia de los diversos científicos vinculados a este campo. Casi sin excepción, en los textos revisados se considera a Charles Darwin y a Jean Lamarck como los dos principales teóricos del evolucionismo. Johann Goethe aparece en un plano secundario en los textos antiguos, y luego ha dejado de tener importancia. Hugo De Vries y August Weismann se encuentran generalmente entre los siguientes autores en importancia. Cuvier y Linné aparecen mencionados como los dos principales fijistas. No hay claridad entre cuales de los precursores del evolucionismo deben considerarse como los más importantes. Varios textos revisados mencionan a Erasmus Darwin (1731-1802) sin darle mucha importancia, más bien como curiosidad por haber sido el abuelo de Charles Darwin, sin embargo su obra ha sido revalorada, Michael Ruse dedica varias páginas a revisar su obra (2001, págs. 53-69) y lo considera como el primer evolucionista de renombre. A principios del siglo XX eran muy valoradas las ideas de Etienne Geoffroy de Saint Hilaire, en cambio en la actualidad se les da una escasa importancia. El evolucionista alemán Ernst Haeckel también fue inicialmente valorado, pero luego cayó en descrédito.

22. En los libros examinados que fueron publicados durante el período agnóstico o “eclipse del darvinismo” (1903 a 1935) se citan a 11 científicos darvinistas o neodarvinistas, a 11 evolucionistas teístas, seis lamarquistas o neolamarquistas, cuatro ortogeneticistas, dos mutacionistas y un aislacionista. En los textos del período de la síntesis evolutiva (1936 a 1970) se mencionan a nueve darvinistas o neodarvinistas, cinco lamarquistas, cinco teístas, dos mutacionistas, dos aislacionistas y un ortogeneticista.

En los textos editados durante la Postsíntesis (1970 a la fecha) se mencionan a 10 sinteticistas, cinco darvinistas o neodarvinistas, cinco postsinteticistas, tres fisheristas, dos mutacionistas y un lamarquista. Esto muestra en forma aproximada el reemplazo de algunas corrientes como predominantes dentro del pensamiento evolucionista, y la pérdida de crédito de escuelas como el lamarquismo, el ortogeneticismo y el evolucionismo teísta.

23. En los textos revisados, se encuentran opiniones muy diversas respecto a las supuestas ideas evolucionistas de San Agustín y de Santo Tomás y sus similitudes con las opiniones de Jean Lamarck o de Charles Darwin. Especialmente los católicos evolucionistas aceptan que San Agustín planteó ideas evolucionistas, en cambio los fijistas católicos lo niegan. Otros creacionistas, no católicos, también incluyen a San Agustín entre los pensadores evolucionistas. En relación con la teoría lamarquista, algunos opinan que aceptaba la existencia de una “*tendencia complicadora inherente al protoplasma o principio evolutivo interno impulsor*”, lo cual es dudoso.

24. Ediciones sucesivas de los mismos textos presentan a veces diferencias en mayor o menor grado. Los cambios principales introducidos en sus contenidos suelen mostrar cómo fueron cambiando algunos puntos de vista, en otros casos se ha buscado suavizar las confrontaciones con posiciones antagónicas o enmendar errores. Sin embargo, en otros casos, textos que aparecen consignados como “nuevas ediciones” son simples reimpressiones, sin cambio alguno. Esto ocurrió con algunos libros de texto que tuvieron mucha aceptación y se reimprimieron varias veces, en algunos casos sin experimentar modificaciones en más de diez años, como el texto de Evolución de Bernardino Quijada entre 1923 y 1934, y el de Carlos Silva Figueroa, entre 1940 y 1957.

25. Los primeros textos sobre evolución biológica se limitaban a comparar evolucionismo y fijismo, valorar diferentes evidencias a favor del evolucionismo y discutir argumentos a favor o en contra de los mecanismos propuestos. A veces se entregaban argumentos para avalar líneas evolutivas. Posteriormente la Biología evolutiva se amplió con la genética de poblaciones, el sinteticismo, el avance en el conocimiento de la especiación, del origen de la vida, pautas evolutivas en la macroevolución y la aplicación de la evolución a las Ciencias sociales.

26. En el nivel de educación media, los textos publicados en Chile a partir del año 1960, cubren entre el 27% y el 49% de los aspectos más relevantes del evolucionismo actual. Temas importantes no tratados en los libros revisados son: objeciones creacionistas, evolución teísta, ortogénesis, mimetismo, mecanismos de especiación parapátridos y peripátridos, procesos de anagénesis y cladogénesis, coevolución, evolución en mosaico, origen de los virus, y diversos temas que relacionan a la evolución con las Ciencias sociales. Varios de estos aspectos se consideran en textos de enseñanza media de otros países. En general se observa un cierto incremento progresivo en la diversidad de aspectos tratados.

27. El propio concepto de “*evolución biológica*” tiene distinta connotación en diferentes textos. Algunas definiciones se refieren solamente al nivel supraespecífico y son gradualistas, no consideran que pueda ser un proceso a veces brusco o saltacionista. En otras definiciones se habla incorrectamente de “perfección” a través de una “escala de progreso” unidireccional falsa. Otras definiciones consideran que la evolución es el cambio o el origen de las especies por descendencia común, o describen el proceso solamente en el nivel intraespecífico, en forma excesivamente reduccionista como cambios intrapoblacionales en la proporción de genes, concepto largamente superado, presinteticista.

28. La frecuente presentación en los textos revisados, de George Cuvier como partidario de las “creaciones sucesivas” es erróneo, porque Cuvier pensaba que las especies destruidas en los grandes cataclismos eran reemplazadas por las que llegaban desde otras zonas geográficas.

29. Algunos textos de estudio confunden la paleontología con la arqueología, sus alcances y métodos. Como actividades para estudiar la evolución humana, sugieren visitar ciertos sitios arqueológicos, como las fortalezas incaicas y visitar “la Sala Chilena” del Museo Nacional de Historia Natural, o entregan como “lectura científica” en relación con la evolución humana un artículo sobre “arqueología molecular”.

30. En un texto se afirma que los neodarvinistas suponen fuerzas internas, innatas en los vivientes, que los impulsan a progresar, lo cual es claramente falso. Otro error frecuente es el de denominar “teoría neodarvinista” al sinteticismo.

31. En los textos de estudio se suele explicar las diferencias entre las concepciones lamarquista y darvinista de la evolución asumiendo que Darwin no aceptaba el efecto directo de los factores ambientales ni la herencia de caracteres adquiridos. En realidad, la teoría darviniana también aceptaba la herencia de caracteres adquiridos y fueron los neodarvinistas, encabezados por August Weismann, los que la desecharon reemplazándola por las mutaciones.

32. En los textos de estudio escritos por antievolucionistas, se suele confundir a la generación espontánea con la abiogénesis, concluyendo que la vida no pudo surgir evolutivamente por causas naturales desde la materia inerte, porque Pasteur demostró la imposibilidad de la generación espontánea.

Con estas afirmaciones se está desconociendo el hecho obvio de que la “generación espontánea” suponía el surgimiento de formas vivas actuales y complejas directamente desde la materia inerte bajo las condiciones imperantes en nuestro planeta en la actualidad, hecho absolutamente ajeno a las teorías evolucionistas.

33. Las principales objeciones planteadas por los textos fijistas al evolucionismo se centran en la teoría darviniana de la selección natural. Los creacionistas teístas también suelen oponerse al darvinismo con argumentos similares. El análisis de estas críticas demuestra que se basan en un concepto erróneo acerca de este mecanismo, o de suposiciones equivocadas.

34. De acuerdo con los análisis efectuados, a los textos de estudio modernos relativos al tema de la evolución biológica se le puede exigir el cumplimiento con ciertos aspectos relativos a los contenidos, tales como definir “evolución biológica” adecuadamente, aclarar su campo de acción, aclarar el alcance del término “teoría” en relación con la evolución, explicar adecuadamente las principales pruebas de la evolución, discutir los distintos tipos de “adaptación”, explicar y ejemplificar adecuadamente al lamarquismo y al darvinismo, etc. En relación con aspectos didácticos, el texto de estudio moderno debe tener características tales como señalar objetivos explícitos, tener una secuenciación de contenidos clara y lógica, gradual, ordenada y coherente, ser motivador, entregar información veraz, válida, objetiva y actualizada, con ilustraciones, cuadros y gráficos adecuados e idóneos en tipo y número, lenguaje claro, preciso, conciso, adecuado al nivel de los estudiantes, profundidad de contenidos adecuada, ejemplificación oportuna, adecuada y variada, incluir problemas y ejercicios que induzcan a razonar, relacionar o aplicar, actividades prácticas relevantes e idóneas, expuestas con claridad, permitir al estudiante vincular el conocimiento con su realidad, analizar y aplicar lo aprendido, desarrollar su creatividad, incentiva a emitir juicios críticos, basados en razones.



**CAPÍTULO IV. BASES PARA UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA  
DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA**

---

## **17. DESAFÍOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA**

### 17.1. Dificultades generales en la Enseñanza de la Ciencia

#### 17.2. Dificultades para la comprensión de la Teoría de la Evolución

##### 17.2.1. Introducción

##### 17.2.2. Definición de evolución biológica

##### 17.2.3. La simplificación de “evolucionistas” contra “creacionistas”

##### 17.2.4. Los problemas de la adaptación

##### 17.2.5. La definición de ambiente o medio

##### 17.2.6. Los conceptos de “especie”

##### 17.2.7. Las dificultades de la Selección Natural

##### 17.2.8. ¿Qué es el darvinismo?

##### 17.2.9. ¿Qué es el lamarquismo?

##### 17.2.10. El azar en la evolución biológica

### 17.3. Concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la evolución

#### 17.3.1. Introducción a la naturaleza de las concepciones alternativas

#### 17.3.2. Principales preconceptos sobre la evolución biológica

#### 17.3.3. Concepciones lamarquistas

#### 17.3.4. La adaptación como un proceso consciente e intencional

#### 17.3.5. Pensamiento teleológico: la evolución como un proceso finalista

#### 17.3.6. La evolución como un proceso ordenado y progresivo

#### 17.3.7. Velocidad evolutiva

#### 17.3.8. Otras concepciones de los estudiantes acerca de la evolución

#### 17.3.9. Las concepciones erróneas de los profesores

### 17.4. Confusión entre el lenguaje científico y palabras del lenguaje común

#### 17.4.1. Introducción: Generalidades

#### 17.4.2. Los significados de la palabra “adaptación”

#### 17.4.3. Los términos “teoría”, “hechos” y “leyes” en Ciencia

#### 17.4.4. Mutaciones y mutantes

#### 17.4.5. El significado de la Selección Natural

#### 17.4.6. Los significados de “causa”, “propósito”, “diseño” y “azar”

### 17.5. El rechazo a la Evolución biológica por motivos religiosos

### 17.6. El carácter científico de la Evolución Biológica

- 17.6.1. La naturaleza de las teorías
- 17.6.2. Características de la ciencia darvinista
- 17.6.3. Supuesta tautología de la Selección Natural
- 17.6.4. La naturaleza no científica del “creacionismo científico”

## **18. MODELOS DIDÁCTICOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

- 18.1. Modelo tradicional de transmisión- recepción repetitiva
- 18.2. Modelo del descubrimiento inductivo
- 18.3. Modelo de aprendizaje por recepción significativa.
- 18.4. Modelo constructivista

## **19. FACTORES QUE FAVORECEN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS**

- 19.1. Motivación
- 19.2. Clima de aula
- 19.3. El papel del Profesor
- 19.4. Organización de los Contenidos
- 19.5. Trabajo grupal cooperativo
- 19.6. Perspectiva de indagación
- 19.7. Instrumentos de Trabajo
- 19.8. Dimensión Ciencia – Técnica – Sociedad
- 19.9. Estrategia modular
- 19.10. Consideración de la diversidad del alumnado

## **20. MÉTODOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

- 20.1. Mapas Conceptuales
- 20.2. Razonamiento analógico y modelización
- 20.3. Resolución de problemas
- 20.4. Resolución de problemas asociados a la historia de las ideas científicas
- 20.5. Trabajos prácticos
- 20.6. Investigación
- 20.7. Ciclo de Aprendizaje

## **21. TEMAS EVOLUTIVOS Y ACTIVIDADES PROPUESTAS**

- 21.1. Controversia entre Evolución y Creación
- 21.2. La Teoría de la evolución y la ciencia moderna
- 21.3. Historia de la ciencia y del pensamiento científico
- 21.4. Historia de la ciencia y resolución de problemas
- 21.5. Microevolución
  - 21.5.1. Mutaciones
  - 21.5.2. Selección Natural
  - 21.5.3. Deriva génica
- 21.6. Adaptaciones
- 21.7. Especiación
- 21.8. Paleontología y Evolución
  - 21.8.1. Colección de fósiles
  - 21.8.2. Colecciones paleontológicas
  - 21.8.3. Árboles evolutivos y cladogramas
  - 21.8.4. Formas transicionales
  - 21.8.5. Tiempo geológico
- 21.9. Evolución humana

## 17. DESAFÍOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

Estudios realizados en diferentes países han evidenciado que los alumnos muestran generalmente un conocimiento muy escaso y pobre acerca de la evolución biológica, incluso estudiantes bien preparados, por ejemplo alumnos de medicina después de estudiar formalmente el tema tras una intensa preparación en biología (Brumby, 1984). Los estudiantes a menudo terminan los cursos de ciencia con las mismas ideas falsas que cuando se incorporaron, aunque escucharon muchas conferencias acerca de la evolución y genética y recibieron calificaciones aceptables. Una explicación de este fenómeno es que la presentación de la información sobre evolución en conferencias promueve el aprendizaje no significativo de estos conceptos, no ayuda a los estudiantes a utilizar los conceptos y a entender su utilidad (Brumby, 1984). Además, las conferencias por sí solas pueden ser inadecuadas para crear suficientes conflictos en las mentes de los estudiantes que alteren sus ideas previas.

Los estudiantes desarrollan una estructura de conocimiento aislada del aprendizaje memorizado, conectándola débilmente con su estructura del conocimiento (Osborne y Wittrock, 1983). Cuando la clase termina y regresan al "mundo verdadero" vuelven a sus opiniones intuitivas, sus viejas formas de pensamiento, y la estructura del conocimiento desarrollada para usar en clases se olvida en un cierto plazo (Osborne y Wittrock, 1983). Para enfrentar este problema y favorecer el cambio conceptual los investigadores recomiendan que los profesores estimulen a los estudiantes a solucionar problemas y a aplicar conceptos a situaciones reales (Posner y cols., 1982; Brumby, 1984). Los profesores deben guiar a los estudiantes para que piensen y discutan el sentido de las ideas y sus usos para facilitar al cambio conceptual y el aprendizaje, más bien que diciendo a los estudiantes "*hechos*" y esperando que aprendan las respuestas "*correctas*" (Roth, Anderson y Smith, 1987). Para promover el aprendizaje de una manera constructivista y ayudar a los estudiantes a comprender los conceptos de la evolución biológica, los profesores deben primero descubrir y entender los conceptos ingenuos de los estudiantes acerca de la evolución. Esto puede lograrse analizando las respuestas de los estudiantes a los problemas o a las preguntas acerca de la evolución. Por otra parte, generalmente los textos de estudio de Biología han prestado escasa atención al tema evolutivo (Skoog, 1979; Rosenthal, 1985; Glenn, 1990). La evolución biológica es un tema que no es fácil de aprender ni de enseñar, tropezándose con numerosos obstáculos, pero hay muchas posibilidades de trabajo en el aula que pueden facilitar esta tarea (Jiménez, 2002, págs. 48 y 55). Para poder diseñar estrategias de enseñanza adecuadas se deben conocer las fuentes de estas dificultades (Grau y De Manuel, 2002, pág. 57).

### 17.1. Dificultades generales en la Enseñanza de la Ciencia

Un fuerte obstáculo para el aprendizaje de las Ciencias radica en la idea de muchos estudiantes de que el conocimiento científico se basa en ecuaciones y definiciones que deben ser memorizadas mecánicamente en lugar de ser comprendidas, además suelen utilizar estrategias de razonamiento y metodologías superficiales, y aplican criterios de comprensión limitados, por lo tanto no saben que no saben (Campanario y Moya, 1999).

El principal objetivo del modelo tradicional de la enseñanza, mediante la transmisión de conocimientos por parte del profesorado o de los textos de estudio, ha sido la asimilación y reproducción por los alumnos de los contenidos conceptuales transmitidos, limitando las posibilidades de practicar procedimientos científicos y desarrollar actitudes deseables (Banet, 2000, pág. 466). Este método tradicional da una visión ahistórica de la actividad científica, no considera la duda ni la creatividad, al centrarse en un conjunto de informaciones supuestamente infalibles o definitivas (Gil, 1983; Gil, 1993), produce acumulación de conocimientos desprovistos de significado y desconoce aspectos cualitativos humanísticos, tecnológicos y sociológicos (Solbes y Vilches, 1989). Sin embargo, incluso en esta enseñanza limitada de contenidos, el modelo tradicional fracasó.

En diferentes países y medios sociales, el análisis del aprendizaje de los alumnos en el área científica mostró resultados desalentadores (Yager y Penick, 1983; Gagliardi, 1988). Se puso en evidencia que los estudiantes recuerdan poco y con un alto porcentaje de errores, y que hay una grave y general incomprensión de conceptos básicos, incluyendo los más fundamentales y enseñados reiteradamente.

Ayudar a los estudiantes a que comprendan los significados a partir de sus experiencias de aprendizaje es desalentador. Solamente los estudiantes pueden hacerlo, los profesores no pueden "llenarlos" con conocimientos, como intentaba el modelo tradicional de transmisión/recepción, solamente pueden proporcionar experiencias de aprendizaje que faciliten a los estudiantes relacionar la información relevante que saben con la nueva. Una vez evidenciada la extensión y gravedad de los errores conceptuales en los alumnos, se centró la investigación en comprender sus causas y diseñar estrategias de enseñanza, convirtiéndose el modelo constructivista en el eje de una transformación fundamentada de la enseñanza de las ciencias que busca revertir esta situación.

Robert E. Yager y John E. Penick (1983) destacan que la Enseñanza de las Ciencias tradicional está desconectada de los problemas reales del entorno de los alumnos. La investigación en didáctica de las ciencias constata que en los niveles educativos más altos no mejora el aprendizaje y que a lo largo del período de escolarización las actitudes positivas de los estudiantes hacia las ciencias decrece en forma notoria (James y Smith, 1985; Jiménez y Fernández, 1989). Sólo excepcionalmente los alumnos construyen estructuras cognitivas que les permiten continuar el aprendizaje de las ciencias y aplicar los conocimientos adquiridos en otros campos.

Otro gran problema de la enseñanza de las Ciencias se relaciona con las dificultades de actualización de los contenidos, actualmente más importante que antes dado que las transformaciones científico-tecnológicas determinan un alto ritmo de obsolescencia (Sacristán y Pérez Gómez, 1992). La falta de actualización disciplinar se detecta en la ausencia de ciertos contenidos claves o informaciones recientes, a veces debido a las demoras de la inclusión de contenidos en los programas de estudio o libros de texto, lo cual a veces es un problema complejo, porque existen datos que no solo aportan nueva información, sino implican una revisión de conceptos y cambios en la explicación de los fenómenos involucrados (López, 2000). En opinión de Thomas S. Kühn (1971, pág. 28), cuando se producen estos cambios los textos de estudio deberían rescribirse, íntegramente o en parte.

## 17.2. Dificultades para la comprensión de la Teoría de la Evolución

### 17.2.1. Introducción

La evolución biológica constituye una de las unidades didácticas de un curso de biología más complejas de abordar en la enseñanza media. En su evaluación del proyecto Nuffield para la enseñanza de la Biología en el nivel "O" (que corresponde a alumnos de aproximadamente 16 años), M. Shayer (1974) manifestó que la mayoría de los alumnos de ese nivel no se encuentra aún en la etapa piagetana de operaciones lógico-formales, esencial para comprender conceptos abstractos, por lo que sugirió que se omitiera la unidad de evolución y genética. Existen además dificultades propias de la materia, porque varios de los conceptos básicos vinculados con la teoría evolutiva, aún pareciendo simples, son difíciles de definir, delimitar o identificar, siendo ampliamente debatidos por los propios científicos. Muchos términos utilizados corrientemente son ambiguos, tienen más de un significado o han cambiado su significado con el tiempo.

Ello incide en la forma en que se pueda producir su transposición didáctica. Félix Mainx (1957, pág. 56) advierte: “*Ninguna otra subdivisión de la Biología se encuentra tan perturbada con teorías restringidas, ni tan velada por especulaciones caprichosas, ni tampoco es a tal punto campo de lucha entre diferencias de opinión extracientíficas*”. Niles Eldredge (1997, pág. 11) expresa: “*La evolución es un asunto complejo. La misma diversidad de definiciones de la evolución biológica pone de manifiesto la variedad de modos en que pensamos sobre el tema*”. Por otra parte, muchos textos de estudio presentan los contenidos relativos a la evolución biológica en forma inexacta o poco precisa (Linhart, 1997, pág. 387).

### 17.2.2. Definición de Evolución biológica

La propia definición de “*evolución biológica*” presenta problemas, en primer lugar por los múltiples significados del término (Mayr, 1998, pág. 193). En los siglos XVII y XVIII, la palabra “*evolución*”, derivada del verbo latino *evolvere* (“desplegar”) se utilizó para referirse a la teoría de Jan Swammerdam (1637-1680), Albrecht von Haller (1708-1777) y Lazzaro Spallanzani (1729-1799) sobre la preformación del adulto en el embrión, y se siguió utilizando en forma ocasional indistintamente para cambios del embrión y para las transformaciones de las especies, considerándose a ambos como procesos de desarrollo desde lo simple a lo complejo (Bowler, 1975; Gould, 1983a, págs. 35-39; Milner, 1995, pág. 252; Richards, 1998, págs. 191-192; Ingold, en Fabian, 2001, pág. 130; Querol, 2001, pág. 31). El término “*evolución*” comenzó a aplicarse ampliamente con su sentido actual a partir de los escritos del filósofo Herbert Spencer, especialmente en sus populares “*Principles of Biology*” (1864-1867), aunque abarcando a las transformaciones de todo el Universo, incluyendo a las sociedades humanas (Savage, 1964, pág. 14; Templado, 1974, pág. 58; Gould, 1983a, pág. 34; Sober, 1996, pág. 21). El uso de este término por parte de Spencer derivaba de su idea de cambios graduales y progresivos. Herbert Spencer conocía la obra del embriólogo Karl Ernst von Baer (1792-1876), que había especulado que el desarrollo de un organismo se producía mediante diferenciación estructural, lo cual conducía de acuerdo con la interpretación de Spencer, desde un estado de homogeneidad incoherente a un estado de heterogeneidad coherente. Dos años antes de la publicación de “*El Origen de las Especies*”, Herbert Spencer escribió un artículo en el cual especulaba que este principio del desarrollo postulado por von Baer podría intervenir tanto en el desarrollo del organismo a partir de la reproducción celular como formación de sociedades a partir de sus individuos componentes y del Universo desde los constituyentes básicos de la materia. Denominó inicialmente a este principio como “ley de progreso”, y poco después reemplazó “progreso” por “evolución”.



Jean Lamarck utilizaba el término “*transformisme*” (transformismo) para referirse a sus ideas evolutivas, Ernst Haeckel escribía acerca de la “*transmutation-theorie*” o “*descendenz-theorie*” (teoría de la transmutación o teoría de la descendencia). En tiempos de Charles Darwin se hablaba de la “*transmutación*” de las especies, el célebre naturalista británico se refería al proceso de “*descent with modification*” (descendencia con modificación), y siguiendo a Spencer utilizó la palabra “*evolution*” (evolución) recién a partir de la sexta edición de *El Origen de las Especies*, diez años después de la primera (Gilson, 1980, pág. 117; Milner, 1995, pág. 252).

El término “*evolución*” se utiliza en otras ciencias, como la astronomía (“*evolución del Universo*”, “*evolución de las estrellas*”), la geología (“*evolución de la corteza terrestre*”, “*evolución de los continentes*”) o la sociología (“*evolución de la cultura*”), y en el lenguaje común (“*evolución de la moda*”, “*evolución de la arquitectura*”). En cada caso se refiere solo a la idea de “*cambio a través del tiempo*” (Sober, 1996, pág. 21; Ayala, 1999, pág. 19; Porro, 2002, pág. 97). Jay M. Savage (1964, pág. 14) dice: “*Esencialmente, el principio de evolución implica el desarrollo de una entidad en el curso del tiempo a través de un ordenamiento gradual de cambios desde un estado simple a uno más complejo*”. Esta afirmación se refiere a “*una entidad*”, no a seres vivos, y el mismo autor agrega: “*Ahora está reconocido que la evolución orgánica forma una parte muy especial de un proceso evolutivo más general: el desarrollo de nuestro universo o evolución cósmica*”. Francisco Montero, Juan Carlos Sanz y Miguel Ángel Andrade (1993, pág. 7) expresan: “*Sin embargo, desde un punto de vista más amplio, cabe decir que ningún sistema, ni físico ni biológico, puede escaparse a los designios de la evolución, entendida como tal la variación temporal de los observables que definen el sistema. ¿Acaso se puede decir que cualquier sistema físico que se considere, no experimenta variación con el tiempo? ¿No evoluciona un vaso de agua cuando se le deja intercambiar energía (calor) con los alrededores? ¿No hay evolución en el estado del Universo, de nuestra Galaxia, de la Tierra? ¿Qué tiene, entonces, de peculiar la evolución biológica con respecto a la evolución de otros sistemas físicos, que haga que al hablar de la Teoría de la Evolución se necesite precisar que dicha evolución se refiere concretamente a la Evolución Biológica, descartando, por tanto, una posible generalidad del término?*”.

Algunos textos de estudio se centran en el “*proceso evolutivo*” desde el origen del Universo al origen del hombre (por ejemplo, Di Sarli, 1999), o bien se desarrollan aspectos del origen del universo, formación de galaxias, sistema solar y de la Tierra, en textos relativos al “*origen y evolución de las especies*” (por ejemplo, Bernabé, Jiménez-Ortiz y Moya, 1998, págs. 21-25).

En una investigación acerca de las ideas de los estudiantes sobre la evolución, se considera al Big Bang entre las teorías evolutivas, junto con saltacionismo, gradualismo y equilibrio puntuado (Demastes, Good y Peebles, 1995, fig. 1, pág. 642). En algunos textos de divulgación científica también se desarrolla la evolución biológica dentro del marco de la evolución de la totalidad del Universo (por ejemplo en Jastrow, 1970, o en Gribbin, 1986).

Es cierto que la evolución biológica u orgánica, junto con la evolución cósmica, química o inorgánica, y la evolución cultural o psicosocial, pueden incorporarse en una amplia visión unitaria (Huxley, 1963, pág. 12-17; Dobzhansky, 1966, págs. 1-7), y que puede ser atractivo desarrollar una teoría unificada que abarque todo (Sober, 1996, pág. 21). Sin embargo, no es conveniente mezclar estos tres tipos de “*evolución*” sin advertir que se trata de tres procesos con características muy diferentes, que difieren radicalmente en su extensión, mecanismos y resultados (Huxley, 1963, pág. 12); de lo contrario, si el alumno piensa que se trata de un único proceso, no podrá entender la importancia de las bases genéticas del mecanismo de la evolución biológica, ajenas a la evolución cósmica. La base del proceso evolutivo de los seres vivos es el surgimiento de variantes genéticas que cambian sus frecuencias, se asocian o reemplazan a otras combinaciones de genes, originando cambios fenotípicos en el nivel poblacional. De acuerdo con esta definición restringida del término, ni las estrellas ni las instituciones sociales evolucionan. De acuerdo con Montero, Sanz y Andrade (1993, pág. 8), la principal diferencia entre la evolución cósmica y la evolución biológica radica en que la primera es mecánica y la segunda es termodinámica.

En la evolución mecánica todos los procesos se consideran reversibles y el tiempo tiene un sentido paramétrico, puede cambiársele su signo sin mayores consecuencias, en cambio en la evolución termodinámica aparece una flecha en el tiempo, es irreversible. Muchos alumnos no logran diferenciar la evolución biológica de la evolución cultural, considerando a los artefactos humanos como parte de un mismo proceso evolutivo que incluye al origen de las especies (Bizzo, 1994, pág. 545). Se puede advertir que incluso el término “*Evolución biológica*” es poco preciso, porque con él nos referimos a la evolución de las *especies* biológicas, pero también existe una evolución de los *organismos* biológicos, desde el inicio de su ciclo hasta su muerte. Como hemos señalado, los embriólogos dieron inicialmente el nombre de “*evolución*” a este tipo de procesos, antes que se comenzara a aplicar para el cambio al nivel de las especies.

En la definición entregada por Savage, citada previamente, existe otro aspecto discutible, el referirse a un “*ordenamiento gradual de cambios desde un estado simple a uno más complejo*”. Era en realidad la concepción de Herbert Spencer, que se asocia al término “evolución”, en oposición al cambio brusco o “revolución”. Cuando Charles Darwin explicó que el cambio evolutivo ocurre por “*grados lentos e insensibles*”, Thomas Henry Huxley le manifestó que era innecesario lastrar la teoría con un gradualismo no demostrado, que posteriormente calificó de “entorpecimiento” (Milner, 1995, pág. 306). Desde la década de 1970 se ha vuelto a discutir la idea de que todos los cambios evolutivos sean graduales, especialmente tras la propuesta del “equilibrio puntuado” o “equilibrio intermitente”, de los paleontólogos Stephen Jay Gould y Niles Eldredge. Que el cambio ocurra “*desde un estado simple a uno más complejo*” tampoco es realmente cierto. La evolución puede ocurrir sin que aumente la complejidad del organismo, incluso éste puede simplificarse morfológicamente, como en la evolución de las especies parásitas o el origen de razas ciegas de animales cavernícolas (Dobzhansky y cols., 1980, pág. 10).

Con cierta frecuencia en los textos de enseñanza o divulgación se habla acerca de la evolución biológica o evolución orgánica (a veces simplemente como “*evolución*”), aunque sin definir el término, y cuando se le define se expresan diferentes concepciones. El concepto darwiniano de evolución implica que la diversidad de las especies biológicas surge mediante descendencia con modificación desde un origen común y que el principal factor del cambio evolutivo es la selección natural, que resulta de la interacción entre las necesidades impuestas a una especie por el ambiente en que vive y la variabilidad genética en el interior de la especie en cuestión, manifestada fenotípicamente. De acuerdo con esta visión, la selección natural es el mecanismo que explica las adaptaciones biológicas.

Según Francisco J. Ayala (1999, pág. 17) la teoría de la evolución biológica se ocupa de tres aspectos diferentes: el *hecho* de la evolución (que las especies cambien a través del tiempo y descendan de antepasados comunes), la *historia* de la evolución (relaciones particulares de parentesco entre las especies) y las *causas* de la evolución (mecanismo evolutivo). Para Richard Milner (1995, pág. 249) “*la palabra evolución tiene cuatro significados que suelen confundirse y deberían mantenerse separados y distintos*”. Richard Milner (1995, págs. 249-252) indica los mismos aspectos señalados por Ayala y agrega un cuarto significado, “*el “progreso” inevitable desde formas de vida inferiores a otras superiores, un concepto que ha quedado desacreditado*”.

Robert A. Wallace (1995, pág. 893) define “*evolución*” como “*cambios continuos que ocurren a las poblaciones, primeramente como resultado de la adaptación a los cambios ambientales*”. Según Monroe W. Strickberger (1993, pág. 535) la evolución corresponde a “*cambios genéticos de poblaciones de organismos a lo largo del tiempo, que llevan a diferencias entre ellas*”. Ruth Bernstein y Stephen Bernstein (1998, pág. 712) entregan una definición similar: “*cambio en la composición genética de una población en respuesta al medio ambiente local*”. Definiciones como éstas son inadecuadas porque no incluyen los aspectos transespecíficos de la evolución (Dobzhansky y cols., 1980, pág. 10).

Para Mark Ridley (1987, pág. 13) “*el significado de la evolución es que todas las especies modernas descienden de una única especie ancestral común*”. Aunque generalmente se entiende que la teoría lamarquiana es evolutiva, y que Jean Lamarck fue quien primero postuló científicamente un mecanismo plausible para la evolución, planteando esta definición, Mark Ridley (1987, págs.13-15) no lo considera evolucionista, sino “transformista”. Siguiendo este criterio los términos “evolucionismo” y “transformismo” no serían sinónimos, como se entiende habitualmente, porque el transformismo lamarquiano niega el origen común y la extinción de las especies. En una publicación posterior (Ridley, 1996, pág. 6), el mismo autor afirma que “*los historiadores prefieren la palabra contemporánea “transformismo” para describir las ideas de Lamarck*”. Sin embargo, esta presentación del lamarquismo la realiza bajo el epígrafe “*La evolución antes de Darwin*” y los esquemas comparativos que en el libro anterior se indicaban como “transformismo” y “evolución” (Ridley, 1987, pág. 14), aparecen ahora respectivamente como “transformismo lamarquiano” y “evolución como la imaginaba Darwin” (Ridley, 1996, pág. 7). Por último, cabe señalar que para mucha gente, entre ella a un alto porcentaje de alumnos, la “evolución” es simplemente “*el proceso que transformó a un simio en ser humano*” (Bizzo, 1994, pág. 543).

### 17.2.3. La simplificación de “evolucionistas” contra “creacionistas”

La habitual y simple confrontación de “*evolucionistas*” contra “*creacionistas*” tampoco es exacta. Cuando Charles Darwin publicó “*El Origen de las Especies*” se aplicaba habitualmente el término “*creacionista*” a quienes aceptaban la creación especial del alma humana separadamente en cada individuo que nace, en oposición a los “*traducianistas*”, que creían en la herencia del alma desde los padres.

Sin embargo, el 25 de noviembre de 1959, justamente al día siguiente de la publicación de su principal libro, Charles Darwin escribió una carta a Thomas H. Huxley en la que emplea el término para calificar a los antievolucionistas: “*¡Sería una buena broma que yo lo felicitara cuando ataca a algunos creacionistas incommovibles!*” (Darwin, 1977 pág. 325). Desde ese tiempo se comenzó a llamar ocasionalmente creacionistas a los antievolucionistas, por ejemplo lo hizo el conferenciante católico John Augustine Zahm (Zahm, 1896, págs. 73-75).

En un sentido general, *creacionista* es quien acepta el creacionismo, la existencia de un Dios creador, la versión judeocristiana del origen del mundo, según la cual la voluntad de Dios es la causa de cuanto existe. Existen muchas posiciones creacionistas diferentes (Scott, 1996<sup>a</sup>; Numbers, 1999; Nelson, 2000; Woods y Scharmann, 2001) y existen evolucionistas que son creacionistas, los llamados *evolucionistas teístas*, que aceptan que Dios origina a los seres vivientes a través de un mecanismo evolutivo. El botánico estadounidense evolucionista Asa Gray se refirió a la doctrina del origen sobrenatural de las especies tal como son actualmente, con el nombre de “*creacionismo especial*” (Gray, 1873, reimpresso en Gray, 1963, pág. 204) o “*creacionismo directo*” (Gray, 1880, pág. 89). Para los fundamentalistas protestantes y los judíos ortodoxos el *creacionismo* incluye la fe en la fijeza de las especies, en la creación en seis días, la Tierra joven y el Diluvio universal.

Se pueden reconocer muy variadas posiciones en relación con el origen de los seres vivos, que pueden resumirse en las siguientes corrientes principales:

1. *Evolucionistas naturalísticos* (Numbers, 1999, pág. 11-15) o *Ultraevolucionistas* (Artigas, 1985, págs. 141-142): Consideran que no existe ninguna duda acerca de la realidad de la evolución biológica, la que debe ser estudiada e interpretada apeándose a mecanismos estrictamente naturales. Se pueden subdividir en dos posiciones:

a) *Evolucionistas ateístas* (Woods y Scharmann, 2001, pág. 11): Niegan que existan realidades distintas a las fuerzas naturales estudiadas por las ciencias experimentales. Son claramente ateos, en algunos casos consideran que existen evidencias contra la existencia de un Creador, por ejemplo imperfecciones en los sistemas biológicos, afirmando que el darwinismo ha dejado obsoleta a la religión. En esta corriente se inscriben, por ejemplo, Ernst Haeckel, el biólogo de Oxford Richard Dawkins, el filósofo Daniel Dennett y el astrónomo y divulgador científico Carl Sagan.

Las opiniones de Richard Dawkins sobre los creacionistas son altamente descalificadoras: "*es absolutamente seguro decir que si usted conversa con alguien que dice no creer en la evolución, esa persona es ignorante, estúpida o insana (o traviesa, pero yo no consideraría eso)*" (Dawkins R, 1989 pág. 34).

b) *Evolucionistas noteístas* (Nelson, 2000, pág. 34; Woods y Scharmann, 2001, pág. 11): Niegan que la ciencia pueda decidir si existen o no realidades distintas a las fuerzas naturales estudiadas por las ciencias experimentales. Plantean la independencia entre Ciencia y Religión, aduciendo que la Ciencia no entrega evidencias ni a favor ni en contra de la existencia de un Creador, de modo que pueden ser creyentes, agnósticos o ateos, como opciones personales. En esta corriente se inscriben, por ejemplo, Stephen Jay Gould, Eugenie C. Scott y Francisco J. Ayala.

2. *Evolucionistas teístas* (Bowler, 1985, págs. 15, 56-66; Numbers, 1999, pág. 12) o *Creacionistas graduales* (Nelson, 2000, pág. 34; Woods y Scharmann, 2001, pág. 11): Creen que la Creación es el origen último del Universo y que la evolución fue iniciada por un Creador benevolente, todas las transformaciones de los seres vivos son el desarrollo de un plan divino. No aceptan que Dios intervenga directamente en el proceso, por lo tanto no esperan que exista evidencia de tal participación en la Naturaleza. Fue la opinión inicial de Charles Darwin y la del reverendo Charles Kingsley, en la actualidad participan de esta opinión muchos miembros evangélicos de la American Scientific Affiliation, Robert T. Pennock, autor del libro "*Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism*", y el físico Howard J. Van Till (1938- ), Profesor Emérito de Física y Astronomía en Calvin College, Grand Rapids, Michigan, socio fundador de la International Society for Science and Religion, Howard J. Van Till escribe: "*La cronología que encontramos en Génesis no tiene conexión con la cronología real de la acción continua del Creador en el cosmos*" (Van Till, 1986, pág.85).

3. *Evolucionistas deístas* o *Evolucionistas teístas con Adán*: Mantienen opiniones similares al grupo anterior. Creen que la evolución fue iniciada por un Creador sabio y benevolente, que todas las transformaciones de los seres vivos corresponden al desarrollo de un plan divino, y que los grandes grupos biológicos surgieron evolutivamente unos de otros, pero a diferencia de los evolucionistas teístas aceptan que Dios intervino directamente en el proceso en dos ocasiones: en el origen inicial de la vida y en el surgimiento del ser humano. Fue la posición, por ejemplo, de Alfred Russell Wallace, del zoólogo y filósofo inglés Dr. St. George Jackson Mivart, el teólogo norteamericano James Orr, el botánico estadounidense Edmund Ware Sinnott y el jesuita Erich Wasmann.

4. *Creacionistas progresivos o Evolucionistas limitados* (Scott, 1996a, pág. 505; Nelson, 2000, pág. 34; Woods y Scharmann, 2001, pág. 11): Tienen una posición similar a la de los evolucionistas teístas, pero aceptan a la evolución solamente en el interior de los grandes grupos biológicos mediante la divergencia de nuevas formas. Creen que Dios creó a las especies originales, que los nuevos grupos surgieron mediante creaciones independientes cuando ellos aparecen por primera vez en el registro fósil, y los nuevos grupos son creados en forma progresiva, aumentando su nivel de complejidad. El diluvio bíblico habría sido un suceso local, no planetario.

5. *Neocreacionistas* (Scott, 1996a; Pigliucci, 2000) o *Antievolucionistas partidarios del Diseño Inteligente (DI)*: Se oponen a la idea de la evolución biológica, o aceptan solo a la microevolución, a la que no consideran proceso evolutivo. Plantean que existen evidencias de un Diseñador inteligente en la complejidad de la Naturaleza. No defienden la interpretación literal de la Biblia y suelen aceptar la antigüedad de la vida en la Tierra (Numbers, 1999, pág. 12). Sus ideas van desde un cristianismo conservador hasta un teísmo filosófico no ligado a alguna religión (Gardner, 2001, pág. 25). En esta corriente se inscriben, por ejemplo, Phillip E. Johnson, profesor de leyes de Berkeley, el filósofo y matemático William A. Dembski y el bioquímico Michael J. Behe. Si bien en tiempos modernos esta corriente fue iniciada en 1984 por tres científicos protestantes, Charles B. Thaxton, Walter L. Bradley y Roger L. Olsen, fue el sistema dominante de pensamiento desde el Renacimiento hasta fines del siglo XVIII. Su principal defensor fue el archidiácono William Paley (Milner, 1995, págs. 505-506, 612; Molina, 2001, pág. 164-167), que publicó en 1802 su “*Natural Theology*”, y que fue refutado filosóficamente por David Hume (1711-1776) en 1779, en su libro “*Dialogues concerning Natural Religion*” (Palevitz, 1999; Ruse, 2001, pág. 58). Mención especial merece el bioquímico Michael J. Denton, citado profusamente por los antievolucionistas como uno de sus ideólogos, pero que en los últimos años tiene una posición evolucionista teísta (Denton, 1998; Denton, Marshall y Legge, 2002).

6. *Antievolucionistas partidarios de la Tierra Antigua* (Scott, 1996a, pág. 505): Aceptan la geología moderna y la datación radiométrica, por lo tanto concuerdan con la gran antigüedad del planeta Tierra. Aceptan la creación separada de las especies, y entre ellos los partidarios del “Creacionismo con Brecha” (“*Gap Creationism*”) suponen la existencia de un largo tiempo antes de los seis días de la Creación descritos por el Génesis, en cambio los partidarios del “Creacionismo de Día-Edad” (“*Day-Age Creationism*”) aceptan que los seis días de la Creación corresponden a sucesivas Eras geológicas.

7. *Antievolucionistas partidarios de la Tierra Joven, Creación rápida o Ultracreacionistas* (Artigas, 1985, págs. 140-141): Se hacen llamar “*creacionistas científicos*” y se los conoce también como “*fundamentalistas*”. Consideran que la Biblia es una fuente de conocimientos científicos, debe interpretarse literalmente y que el conocimiento que entrega no puede ser cuestionado, porque es la única fuente de información verdadera. Se oponen enérgicamente a la idea de la evolución biológica, culpan al evolucionismo de todos los males de las sociedades y explican que si hay quienes aceptan la evolución biológica es simplemente porque Satanás ha cegado sus mentes (Huse, 1996, pág. 116). Creen en la creación súbita del Universo, la energía y la vida desde la nada. Suponen que el Universo no tiene más de 6.000 a 10.000 años y que la Tierra fue creada en seis días literales de 24 horas, básicamente con sus características actuales, modificadas a consecuencia del pecado de Adán y por el Diluvio del Génesis, responsable de las formaciones geológicas, los fósiles y la topografía actual (Whitcomb y Morris, 1982; Edwords, 1982; Huse, 1996, págs. 49-50). Los representantes más típicos de esta corriente son los integrantes de la “*Sociedad para el Estudio de la Creación*” y de la “*Sociedad para la Investigación de la Creación*”, a la que pertenecen el genetista Walter E. Lammerts, el ingeniero hidráulico Henry M. Morris, Duane T. Gish, John C. Whitcomb, además de Testigos de Jehová y Mormones.

La separación entre estas distintas corrientes no es absoluta, existen algunas posiciones intermedias o que combinan a algunas de ellas. Algunos partidarios del “diseño inteligente” son “evolucionistas teístas”, en cambio otros participantes del mismo movimiento son antievolucionistas de “la tierra joven”. Tal es el caso de Paul Nelson y de Nancy Pearcey, de quienes, según Gardner (2001, pág. 26), otros dirigentes se sienten avergonzados y tratan de reducir su influencia en el grupo.

#### 17.2.4. Los problemas de la adaptación

Un concepto que forma parte de la teoría evolutiva difícil de delimitar o identificar, es el de “*adaptación*”. Julian S. Huxley (1965, pág. 393) manifiesta: “*Durante algunos años, la moda entre ciertas escuelas de pensamiento biológico fue desprestigiar el estudio o hasta negar el hecho de la adaptación*”. Thomas Hunt Morgan (1949, pág. 113) argumentaba: “*Los zoólogos y los botánicos saben muy bien lo que quieren decir con “adaptación”. Negar la adaptación como “problema científico”, como ha sido intentado de hecho, les parece una muestra de estupidez debido a la ignorancia de los que formulan esa declaración*”.



Richard Milner (1995, págs. 30-31) expresa: “*De hecho, el concepto de adaptación es uno de los que provocan mayor confusión y perplejidad en ciencias naturales*” .... “*La adaptación, que en un primer momento parece un concepto tan sencillo y de sentido común, acaba convirtiéndose en una idea resbaladiza y, a veces, incluso circular y paradójica... Algunos biólogos han llegado, incluso, a proponer la eliminación total del concepto de adaptación. Consideran que es demasiado vago para resultar útil y que se ha abusado de él como substitutivo de una investigación concienzuda*”.

Decimos que un determinado ser vivo está adaptado a un cierto ambiente si éste le es propicio para que pueda desarrollar allí un cierto tipo de vida, existiendo un cierto equilibrio entre el organismo y su ambiente. Por ejemplo, los animales voladores presentan alas, los excavadores tienen extremidades en forma de palas que les permiten construir túneles, las plantas desérticas presentan tejidos en los que almacenan agua (Wallace y Srb, 1967, pág. 1). Jürgen Jacobs (1971a, pág. 115) define a una adaptación como “*una relación lógica entre sus propiedades y las exigencias que le plantea su medio ambiente*”. Debe tenerse presente, además, que se utiliza la palabra “adaptación” para referirse a un proceso y también para el producto de dicho proceso.

Para juzgar una posible adaptación, normalmente se realiza un análisis de ingeniería, cuantitativo o cualitativo, de una determinada característica del organismo en relación con su ambiente, como un problema que tiene una solución óptima (Lewontin, 1987, pág. 147; López-Fanjul y Toro, 1987, pág. 14). Un criterio útil para identificar adaptaciones es determinar si se puede establecer alguna analogía entre una característica supuestamente adaptativa y algún artefacto fabricado por el ser humano (Dobzhansky y cols., 1980, pág. 504), aunque ello no siempre es posible. El biólogo francés Pierre P.Grassé (1977, pág. 191) critica: “*A la noción de adaptación le falta precisión porque la coordinación de una estructura con su función, de una función con el medio, se mide con dificultad y no es fácil expresarlo en términos cuantitativos. Cuando biólogos y filósofos aprecian el grado de una adaptación fundándose en nuestra lógica y no dudando en formular juicios de valor, cometen una falta metodológica y caen en un antropocentrismo a veces insospechado*”.

El paleontólogo Stephen Jay Gould y el genetista Richard C. Lewontin llaman “*programa adaptacionista*” o “*paradigma panglosiano*” al punto de vista que supone que todos los detalles morfológicos, fisiológicos y etológicos de los organismos son soluciones adaptativas para resolver problemas planteados por la naturaleza, partiendo de suposiciones *a priori* de adaptación y optimalidad (Gould y Lewontin, 1979, págs. 584-585; Lewontin, 1988, pág. 61).

Richard Lewontin comenta: *“Hay que valorar con precaución estos relatos adaptativos no corroborados por datos reales sobre supervivencia y reproducción. La reconstrucción adaptativa de las causas de las diferencias humanas sigue siendo, en buena medida, un pasatiempo entretenido, que pone a prueba nuestro ingenio y capacidad de fabulación”* (1988, pág. 61). La crítica no es nueva, Morgan (1949, pág. 114) escribía: *“Existe la sospecha de que los morfólogos, que han sido los estudiantes más entusiastas de la adaptación, han recurrido a menudo a los factores imaginarios más bien que a los conocidos para explicar la evolución de las adaptaciones”*.

El propio Charles Darwin (1977, pág. 210) se refirió al cuidado que debe tenerse al suponer *a priori* que ciertos caracteres son adaptativos: *“Si sólo hubiesen existido los pájaros carpinteros verdes y no hubiésemos sabido que había muchas especies negras y de varios colores, me atrevo a afirmar que hubiéramos creído que el color verde era una excelente adaptación para ocultar de sus enemigos a estas aves que viven en los árboles... Se considera generalmente la piel desnuda de la cabeza del buitre como una adaptación directa para revolver en la pudredumbre, y puede ser que sea así, o quizás sea a la acción directa de las materias pútridas; pero hemos de ser muy prudentes en llegar a cualquier conclusión semejante, cuando vemos que la piel de la cabeza del pavo macho, que se alimenta muy pulcramente, es también desnuda”*.

Una especie no podría existir si no estuviese adaptada a su ambiente, de manera que por este motivo hay quienes cuestionan la utilidad del concepto *“adaptación”*. El filósofo David Hume (1711-1776) planteó que la adaptación es un problema falso, porque los organismos no podrían vivir si no estuviesen adaptados, por lo cual la adaptación no necesita una explicación, es una característica universal de los seres vivos. En décadas recientes, ha renacido esta corriente antiadaptacionista, que resta importancia al estudio de las adaptaciones. Por ejemplo, Fernando Vallejo (2002, pág. 101) escribe: *“Decir que el pez está adaptado al agua es algo tan obvio, tan tonto como la constatación de que el pez vive en el agua y únicamente en el agua porque su fisiología y su anatomía no le permiten vivir en la tierra. ¿Y la foca qué?. Pues la foca estaría “adaptada” al agua y a la tierra. Estas perogrulladas evidentemente no son ciencia. Son metafísica”*.

Sin embargo, el concepto es útil, la crítica de Hume y Vallejo no es válida porque la adaptación puede presentarse en diferentes niveles o grados, la adaptación es una condición relativa, no absoluta, que solo puede definirse con respecto a otros organismos y en relación a las condiciones ambientales (Lewontin, 1987, pág. 149; Devillers y Chaline, 1993, pág. 107).

Émil Guyénot dice: *“Que los seres vivos estén, en amplia medida, adaptados a su medio, es decir, que sean capaces de vivir en las condiciones de su habitat, es una evidente perogrullada. Pero, aparte de esa adaptación general, la atención de los naturalistas se ha dirigido desde hace mucho tiempo hacia ciertas adaptaciones especiales y notables”* (Guyénot, 1964, pág. 123). Michael T. Ghiselin (1983, pág. 82) comenta: *“Aptitud” o “adaptación” hacen algo más que establecer meramente el hecho evidente de que los organismos deben tener ciertas propiedades para sobrevivir”*.

Se critica al adaptacionismo ser infalsable, por lo cual no tendría alcance científico, pero Elliott Sober (1996, pág. 212) afirma que si el adaptacionismo no es falsable en el sentido de Popper *“es porque hay más en la ciencia de lo que es asumido por la filosofía de Popper”*. Se ha aducido que la única forma de saber si un organismo está adaptado es si sobrevive, pero el error de esta afirmación radica en que la adaptación de un organismo no se refiere al simple hecho de que sobreviva, sino a la probabilidad de ello, entrega la probabilidad estadística de que un determinado organismo sobreviva (Ghiselin, 1983, pág. 82). Por otra parte, no todos los caracteres de un organismo son adaptativos: los organismos no siempre presentan las mejores soluciones posibles, muchos rasgos no son beneficiosos y no todas las diferencias entre las especies son adaptativas (Díaz y Santos, 1998, pág. 24). Según la hipótesis neutralista de la evolución de Kimura, muchos caracteres son alternativas neutras en relación con la capacidad de supervivencia en un ambiente dado, fijadas al azar mediante deriva génica. El neutralismo se apoya particularmente en el funcionamiento aproximadamente uniforme del reloj molecular y en la enorme variación genética existente en las poblaciones naturales, inexplicable a partir de la selección natural como único factor.

Entre las fuerzas evolutivas que pueden explicar la existencia de caracteres no adaptativos se encuentran la deriva genética, caracteres influidos por más de un par de genes, caracteres que antiguamente fueron adaptativos, la pleiotropía, el crecimiento alométrico, el ligamiento genético con genes seleccionados y el ruido del crecimiento (Dodson, 1963, págs. 305-306; Stebbins, 1978, págs. 77-87; Lewontin, 1987, pág. 151; Lewontin, 1988, pág. 61), determinados caracteres derivan de restricciones impuestas por el desarrollo (restricciones ontogenéticas) o por la trayectoria filogenética de la especie (restricciones históricas), o bien son el subproducto colateral de otros procesos (Moya, 1989, pág. 83; Díaz y Santos, 1998, pág. 25). Por otra parte, muchos caracteres beneficiosos no pueden ser considerados adaptaciones porque obedecen simplemente a las leyes fisicoquímicas, por ejemplo cuando el pez volador vuelve al agua está actuando la fuerza de gravedad y es difícil imaginar que surgiese una mutación que modifique esta situación.

Existen definiciones más restringidas de “adaptación”. Para Gavin de Beer (1970, pág. 26), “*Cualquiera estructura o comportamiento que capacite a su poseedor a sobrevivir más eficientemente que a sus compañeros en las condiciones en las que vive, y que puede dar lugar al número óptimo de descendientes, es una adaptación*”. Para José A. Díaz y Tomás Santos (1998, pág. 24), “*una adaptación es un rasgo heredable que confiere algún tipo de ventaja a sus portadores y que, en consecuencia, es mantenido por la selección natural*”. Alan R. Templeton (1982) define a la adaptación como “*el proceso por el cual una población adquiere rasgos peculiares que tienden a potenciar la supervivencia, el éxito reproductivo o la fertilidad con respecto a un ambiente en particular*”.

Según David Burnie (2000, pág. 11) la adaptación es “*acumulación gradual de caracteres heredados que procuran a los organismos vivos la posibilidad de subsistir y reproducirse*”. Cuando los organismos desarrollan nuevas formas de vida, los comportamientos nuevos pueden crear nuevas presiones selectivas, y estructuras que cumplieran una determinada función pueden comenzar a desarrollar una función nueva. A partir de esta idea, Elliott Sober (1996, pág. 145) plantea que si se afirma que un rasgo es una adaptación se está refiriendo no a su utilidad actual, sino a su historia, porque de acuerdo con su definición, “*la característica c es una adaptación para realizar la tarea t en una población, si y solo si los miembros de esa población poseen c en la actualidad porque, ancestralmente, hubo selección para poseer c, y c confirió una ventaja en eficacia porque realizaba la tarea t*”.

Según estas definiciones restringidas, un rasgo es *adaptativo* si en la actualidad proporciona ventaja al organismo, pero es *adaptación* si se originó evolutivamente mediante selección natural en relación con esa función. Una característica puede ser adaptativa sin ser una adaptación, o puede ser una adaptación sin que sea adaptativa (como los órganos rudimentarios o vestigiales). Si se define la adaptación como un rasgo evolucionado por selección natural para la función actual, se utilizan dos nuevos términos: *preadaptación*, para el rasgo antes del cambio de función, y *exaptación* para el rasgo después de producido el cambio (Gould y Vrba, 1982; Ridley, 1996, págs. 346-348). Estos fenómenos resuelven el problema teórico del origen de adaptaciones complejas y de los orígenes evolutivos de una nueva estructura, respondiendo a una objeción frecuente de los antievolucionistas: que las estructuras incipientes no habrían podido ser favorecidas por la selección natural sino hasta alcanzar cierto grado de desarrollo, argumento que deriva del error de concebir a la evolución biológica como la conversión de un estado no adaptado o mal adaptado en un estado bien adaptado.

Mainx (1957, págs. 62-63) plantea: *“De aquí resultan discusiones paradójicas tales como la de averiguar, en este caso, cómo un órgano complicado como el ojo ha podido llegar a existir sólo en virtud de pequeños pasos de adaptación, cuando únicamente puede efectuar propiamente su función en estado de completo desarrollo... En una formulación correcta tenemos que tratar con el supuesto de que los procesos en evolución se realizan a través de adaptaciones particulares que se han transformado en otras adaptaciones y, por lo tanto, no se trata propiamente de la adaptación, sino sólo de los cambios ocurridos en ella”*. Sin embargo en algunos casos no es tan evidente cuál carácter es la preadaptación y cuál la especialización posterior (Dawkins, 1998, pág. 110-111). La evolución biológica se realiza fundamentalmente mediante remodelaciones, en las que cada preadaptación es una etapa para la siguiente, sin embargo esto no debe interpretarse como pasos dirigidos interna e inevitablemente hacia un fin (Kardong, 1999, pág. 21).

Una dificultad en el manejo del concepto de adaptación deriva de que un mismo problema puede resolverse adaptativamente de más de una forma, a veces de manera opuesta. Por ejemplo, Richard C. Lewontin (1984, págs. 128-129) comenta que en África tropical conviven los pigmeos y los watusi, que se encuentran entre los seres humanos más bajos y los más altos, respectivamente. Podría tratarse de dos modelos alternativos para enfrenar el stress térmico: estatura más pequeña o muy alta, o bien podrían ser adaptaciones producidas originalmente en dos ambientes diferentes: los watusi habrían surgido en Etiopía, cuyo calor seco produce una rápida evaporación, los pigmeos surgieron en la selva húmeda, donde la sudoración no es importante. Por otra parte, como advierte Ghiselin (1983, pág. 88): *“una fuente de confusión reside en que lo que en un entorno constituye adaptación, en otro es claramente nocivo. Así, aunque tendamos a considerar que la sangre caliente es superior a la fría, las ranas pueden tener ventaja competitiva sobre las aves y los mamíferos allí donde escasea la comida, ya que los organismos de sangre caliente desperdician una gran cantidad de energía disponible como calor, impidiéndoles ayunar durante largos períodos”*.

Según Richard C. Lewontin (1988, págs. 63-65), un gran problema del concepto de adaptación es la *“paradoja de la adaptación”*: los problemas adaptativos que deben resolver los organismos son productos de la propia actividad de los organismos, porque los seres vivos escogen sus ambientes, los modifican y transforman. ¿Cómo puede un organismo adaptarse a un ambiente que no existe antes de que se adapte a él?. Por lo tanto, Lewontin plantea reemplazar la idea de adaptación por la de construcción. Si los organismos crean a los nichos ecológicos, se produce un acoplamiento entre la evolución del organismo y la de su ambiente.

Por otra parte, la selección natural, que origina las adaptaciones, es un proceso lento frente a los cambios ambientales. Leigh Van Valen (1974) desarrolló la hipótesis de la Reina Roja para explicar la relación entre la adaptación y el nicho ecológico, según la cual los organismos deben evolucionar para mantenerse en un medio que está siempre cambiando.

Hay evolucionistas a quienes no les gusta el concepto de adaptación porque no lo consideran científico, les sugiere una cierta intencionalidad, les parece teleológico (adaptarse “*para*”). Émile Guyénot (1964, pág. 123) expresa: “*Hay que señalar que, en ese dominio, las ideas aún están en gran parte inspiradas en los principios del creacionismo*”, y recuerda a Bernardino de Saint-Pierre, quien afirmaba “*Ningún animal ha carecido de un miembro necesario o ha recibido otros inútiles*”. Thomas H. Morgan (1949, pág. 115) comenta: “*Los filósofos que han especulado sobre el origen de las adaptaciones no vacilaron en invocar principios que trascienden el dominio dentro del cual los científicos han limitado sus actividades. Bergson, por ejemplo, comienza con el postulado de que la reacción adaptativa es la esencia misma de la materia viviente. Si se acepta ese punto de vista, la adaptación no es un problema científico...*”. Refiriéndose a las adaptaciones, Julian S. Huxley (1965, pág. 393) puntualiza: “*Su supuesto sabor teleológico parecía excluirla de la consideración científica ortodoxa, y se pensaba que su estudio impedía al biólogo prestar atención al análisis mecanicista. Ambas objeciones son injustificadas. Uno de los grandes méritos de Darwin fue mostrar que la finalidad de la estructura y función orgánica es tan solo aparente. La teleología de la adaptación es una pseudoteleología, que puede explicarse por verdaderos principios mecanistas...*”.

En la enseñanza de la evolución biológica, debe tenerse presente que en el contexto del mecanismo evolutivo, mediante la selección natural, el significado de *adaptarse* y de *adaptación* son distintos a los que estas palabras tienen en sentido fisiológico. Las definiciones restringidas de “adaptación” se refieren a los cambios en poblaciones de organismos que han ocurrido debido a las mutaciones al azar y a la recombinación de genes mediante mecanismos relacionados con la reproducción sexual, cambios que favorecen mantener cierto equilibrio con los requerimientos impuestos por el ambiente. Dentro de las poblaciones, ciertos individuos que poseen determinados caracteres físicos, de comportamiento, u otros, están bien adaptados a su ambiente y tienen mayores probabilidades para sobrevivir y dejar descendencia que los que poseen otros atributos físicos, fisiológicos o conductuales menos beneficiosos para desarrollar su forma de vida en el mismo ambiente. Como los sobrevivientes tienen mayor probabilidad de dejar descendientes, transmitirán a las futuras generaciones los genes que se asocian con sus características favorables.

Estas características (adaptaciones) son rasgos hereditarios que naturalmente se encuentran en las poblaciones y que han surgido a través de mutaciones y recombinaciones. En este caso se dice que el organismo *está genéticamente adaptado* a determinadas condiciones estables, su adaptación es irreversible, por ejemplo los peces están bien adaptados para la vida en el ambiente acuático: su cuerpo fusiforme, sus branquias, aparato excretor, escamas, etc., los adaptan para esa forma de vida, y están tan bien adaptados que si se sacan del agua se mueren. Esta propiedad se denomina “*adaptatividad*” y es resultado del proceso de “adaptación filogenética” (Sober, 1996, pág. 147).

Existe una propiedad diferente también relacionada con la adaptación (en sentido amplio, no de acuerdo con la definición restringida), la “*adaptabilidad*”, por la cual ciertos individuos cambian sus cualidades físicas, fisiológicas, de comportamiento u otras en respuesta a algún cambio en alguna condición ambiental, promoviendo la salud, la supervivencia o la reproducción de los organismos. Se trata de una “adaptación ontogenética” (Sober, 1996, pág. 147). Por ejemplo, si hace mucho calor, una persona suda y aumenta su circulación sanguínea superficial, facilitando la pérdida de calor, de manera que su semblante adopta una coloración más rosada; en cambio si hace mucho frío la misma persona se adapta tiritando y su aspecto es más pálido porque la circulación sanguínea superficial se ha reducido. Esta forma de adaptación es la *versatilidad fisiológica*, gracias a la cual los individuos cambian y se adaptan al cambio ambiental. Lo que se hereda en este caso no es un rasgo fijo, sino la capacidad de cambiar. Un conejo puede aprender a evitar a los depredadores debido a una adaptación ontogenética correspondiente a una *versatilidad conductual*. Debe tenerse presente que este tipo de adaptación también es producto de la evolución, como expresa Dobzhansky, en relación a la homeostasis (1966, pág. 14): “*el origen de las adaptaciones puede ser comprendido mejor sobre la base de la teoría de Darwin de la selección natural, sin involucrar ninguna supuesta propiedad mística de la materia viviente*”, y que, además, la adaptabilidad individual también tiene importancia evolutiva.

En otras palabras, es válido referirse a esta clase de fenómenos con el nombre de “adaptación” y hablar de ellos en relación con la evolución biológica, pero debe aclararse que son conceptos diferentes a la adaptación evolutiva a nivel poblacional; es decir, cuando los alumnos se refieren a este otro tipo de adaptación, el profesor de biología puede aprovechar de aclarar la relación de este tipo de adaptación con la evolución, y no suponer que simplemente se está utilizando mal un término.

Por ejemplo, J. M. Thoday (en Barnett y cols., 1966, págs. 202) manifiesta: “*La probabilidad de que una población de organismos sobreviva a una cantidad dada de cambio ambiental no depende solo de la adaptabilidad de su sistema genético, sino que puede también estar influida por la adaptabilidad de los individuos que comprende la población*”.

En cierta medida, las formas de adaptación filogenéticas (poblacionales) y ontogenéticas (individuales) son opuestas. Si los individuos de una población presentan una alta adaptabilidad a los cambios ambientales, el carácter adaptativo en sí no tiene un fuerte componente genético, y la selección natural es poco eficiente; por el contrario, si los individuos son incapaces de adaptarse directamente a un cambio ambiental, la selección natural actúa drásticamente y se origina una mayor adaptatividad en la especie. Para vivir en un ambiente más o menos estable, una buena estrategia es presentar un alto nivel de adaptatividad, de modo que debido a la selección natural las especies altamente especializadas para vivir en ese tipo de ambientes explotan eficazmente un determinado nicho, están favorecidas frente a la competencia con otros organismos. Pero si el ambiente es cambiante, la adaptabilidad fisiológica es una mejor estrategia de sobrevivencia individual, y puede ser favorecida a través de la selección natural. Una especie que disponga de un margen muy estrecho de tolerancia difícilmente podrá colonizar otras áreas y sobrevivir a cambios ambientales repentinos. Según Ola Halldén (1988, pág. 548-549), la frecuente confusión de los alumnos entre los conceptos de especie y organismo explicar que las afirmaciones sobre “*las adaptaciones de las especies*” puedan ser entendidas como “*las adaptaciones de los organismos*”.

Jürgen Jacobs (1971a, pág. 126) aclara que “*entre las adaptaciones de especie y las individuales son concebibles y puede haber toda una gama de posibilidades intermedias*”. Existe un tipo de adaptación que Maynard Smith denomina “*flexibilidad de desarrollo*” (1966, pág. 21-24). Un organismo que cambia sus condiciones de vida, modifica su estructura: en el ser humano se forman callosidades en las palmas como consecuencia de la presión al ejecutar un trabajo manual duro durante un tiempo, y se incrementan sus músculos tras el ejercicio. La adaptación rígida irreversible, la versatilidad fisiológica y el desarrollo flexible son formas diferentes de “adaptación” y tienen diferente significado evolutivo, pero no siempre se diferencian claramente: calamares y pulpos cambian rápidamente de color (versatilidad fisiológica), las truchas que viven en lugares sombríos de torrentes son más oscuras que las que se encuentran en arroyos poco profundos, y el cambio de hábitat produce un cambio de coloración, a mayor plazo (flexibilidad de desarrollo), otros organismos exhiben una coloración que los confunde con su ambiente habitual debido a un proceso evolutivo basado en la selección natural que modificó la composición genética de la población.



### 17.2.5. La definición de ambiente o medio

Tampoco es fácil delimitar el “ambiente” o “medio”. Marston Bates (1964, pág. 43) dice: *“Desde luego, la vida es una consecuencia de las condiciones del medio en la superficie de la Tierra, pero al mismo tiempo ese medio se afecta considerablemente por los procesos vitales. Este es un aspecto de un problema que continúa apareciendo en la biología moderna: el problema de separar los “organismos” y el “medio”. A primera vista, la distinción parece sencilla y suficientemente clara, pero se descompone de muchos modos, hasta que a veces me pregunto si aún el tratar de establecer esa distinción no es un error, y si toda la idea no está equivocada básicamente”*. Carlos Castrodeza expresa: *“De hecho, la definición de medio ambiente es siempre ambigua cuando no desesperadamente imprecisa. Por ejemplo, la ocurrencia misma de una selección de la frecuencia del organismo (o variante) menos frecuente y a favor del mismo, identificaría en esos casos al medio de un modo inseparable con el mismo ser vivo, lo que no implica que en los demás casos esa separación no sea en gran medida arbitraria”* (Castrodeza, 1988, pág. 12). Richard Lewontin concuerda en la existencia de esta dificultad de separar organismo y ambiente: *“El entorno no es una estructura impuesta sobre los seres vivos desde el exterior, sino, de hecho, una creación de esos seres. El entorno no es un proceso autónomo, sino un reflejo de la biología de la especie”* (Levins y Lewontin, 1985, pág. 99); *“Los genes de un organismo, en la medida en que influyen en su comportamiento, fisiología y morfología, están, al mismo tiempo, ayudando a construir un entorno. Así, si los genes cambian en la evolución, el entorno del organismo cambiará también”* (Lewontin, 1992, pág. 86).

Francisco J. Ayala (1989, pág. 206 pp.) opina que hablar de “ambiente” para los organismos, es una simplificación: *“Los ambientes naturales son extremadamente complejos y heterogéneos tanto en la dimensión espacial como en la temporal. El ambiente de una población de organismos incluye todos los elementos físicos y bióticos que afectan de una manera u otra a los individuos de esa población en toda su distribución geográfica. Diferencias climáticas, en recursos alimentarios, en competidores, etc., existen a lo largo de la distribución espacial de cualesquiera organismos. Y, por otro lado, los ambientes naturales no permanecen constantes a través del tiempo sino que cambian de la noche al día, de estación a estación y de un año a otro. Por consiguiente, el valor o eficacia reproductiva de una variante genética es el resultado de los efectos que esa variante produce en los organismos que la poseen en todos los distintos ambientes en que viven, y cambian de una generación a otra como consecuencias de cambios en las condiciones ambientales físicas o bióticas”*.

Se tiende a considerar como “ambiente” a todo lo que está “desde la piel hacia afuera”, pero la situación no es tan simple. Desde luego existe un ambiente externo al organismo, pero también existen ambientes internos, que influyen sobre la expresión de los genes. Durante el desarrollo, se producen numerosos tipos de interacciones entre genotipo y ambiente en distintos niveles estructurales y funcionales: los genes son parte del ambiente de otros genes, y el conjunto de genes se encuentra en un ambiente cromosómico, los cromosomas se encuentran en el ambiente nuclear, rodeado por el ambiente citoplasmático, las células están rodeadas por el medio constituido por los materiales extracelulares y las otras células de los tejidos, y para los tejidos el ambiente es el organismo del cual forman parte (Strickberger, 1978, pág. 189).

#### 17.2.6. Los conceptos de “especie”

Otro concepto clave de difícil delimitación que debe abordar la evolución biológica es el de “especie”. El biólogo Marston Bates (1964, pág. 149) opina: “...el llamado “problema de las especies” en biología está lleno de condiciones. A veces, los diversos argumentos y discusiones dan la impresión de una querrela interminable. Sin embargo, la discusión es importante, porque una de las cuestiones básicas de la evolución comprende el origen de las especies, y no podemos esperar que seamos capaces de ocuparnos en el problema del origen de las especies, si no tenemos primero una idea clara de lo que es una especie”. Según Richard Milner (1995, pág. 239), “pocas cuestiones de biología evolutiva parecen tan sencillas y son, sin embargo, tan complicadas como la pregunta ¿qué es una especie?”. Bernstein y Bernstein (1998, pag. 254) comentan: “¿Qué es una especie? Puede parecer una pregunta simple, pero no lo es. Los biólogos encuentran que es bastante difícil contestarla y, de hecho, se dice que no hay un antecedente de los biólogos que se hayan puesto de acuerdo sobre una respuesta. Si parecen estar de acuerdo, suele ser porque cada uno ha reprimido lo que sabe acerca de ésta o esa excepción. No nos debe intimidar esta falta de consenso; debemos admitir una cierta ignorancia e internarnos en ello”.

Respecto a las especies, Charles Darwin varió sus ideas, desde el reconocimiento de que las especies incluyen individuos que forman poblaciones que se entremezclan genéticamente mediante la reproducción sexual, hasta suponer que se trata de agrupaciones arbitrarias (Milner, 1995, pág. 240). En carta que envió a Asa Gray en 1857, comentó: “Por cierto, el otro día me encontré a Phillips, el paleontólogo, y me preguntó “¿cómo define usted una especie?”. Respondí “no puedo”. Después, él dijo “al final he descubierto la única definición verdadera, ¡cualquier forma que ha tenido alguna vez un nombre específico!” (Darwin, 1999, pág. 206).

Algunos naturalistas antiguos, incluyendo a Jean Lamarck, a Charles Lyell y a Charles Darwin, en la época en que escribió "*El origen de las especies*", manifestaron una posición "*nominalista*" o "*artificial*" respecto al concepto de especie biológica, es decir, consideraron que la especie carece de realidad biológica, sería un nombre aplicado arbitrariamente a un conjunto de organismos por parte de personas que agruparon a ciertos organismos bajo un nombre (Ridley, 1987, pág. 112; Mayr, 1998, pág. 150). Actualmente se acepta que las especies tienen una existencia real en la naturaleza (posición realista). Lo que es menos claro es en qué consiste realmente una especie.

De acuerdo con las ideas fijistas, la especie se concebía como una "*unidad de creación*" inmutable, como un conjunto de organismos iguales en todos los detalles de su anatomía, puesto que de acuerdo con su idea platónica esencialista, reproducen un modelo primitivo ideal abstracto (arquetipo) de creación divina. A partir de esta misma idea, algunos biólogos desarrollaron el concepto tipológico o morfológico de especie (morfoespecie), de acuerdo con el cual cada especie estaría representada por un tipo con el cual concuerdan, las variaciones individuales con respecto al tipo serían simples imperfecciones y por lo tanto no debían considerarse. Por ejemplo, para Alexis Jordan solamente los organismos que tienen rigurosamente los mismos caracteres podían considerarse como pertenecientes a una misma especie. El sistema de clasificación propuesto por Carl von Linné (1797-1778), plantea escoger un "*espécimen tipo*" que se deposita en una colección de museo y se asocia con la descripción de cada especie nueva. El concepto tipológico de especie, estático, incluía cuatro características principales: conjunto de organismos similares poseedores de una "esencia" común, separados de otras especies por una clara discontinuidad de características, constantes espacial y temporalmente, y variación limitada (Mayr, 1968, pág. 32-33; Mayr, 1998, págs. 146-147).

La escuela taxonómica de taxonomía numérica utiliza el concepto fenético de especie, derivado de la morfoespecie, que considera un conjunto amplio de caracteres morfológicos y algún grado de similaridad fenética medida por una estadística de distancia fenética (Ridley, 1996, pág. 401). A menudo los naturalistas de campo descubrieron que entre diversos individuos en el interior de alguna especie existe una gran variedad de caracteres, y a veces numerosas mutaciones e híbridos hacen imposible delimitar claramente a las especies similares. Poco a poco, los naturalistas locales desarrollaron un nuevo concepto de especie, según el cual las especies que viven en un área geográfica común (simpátridas) en un mismo tiempo (sincrónicas) están separadas por una discontinuidad, constituyendo cada una de ellas un sistema genético, conductual y ecológico aislado, llamado especie adimensional (Mayr, 1968, pág. 33-35).

Desde hace mucho tiempo, los naturalistas observaron que en muchos casos la similitud morfológica de los individuos no siempre sirve para separar a las especies. Existen organismos en los cuales los machos y las hembras son bastante diferentes (dimorfismo sexual) o en los que existen individuos morfológicamente pertenecientes a varias clases (polimorfismo). Consideramos que los lebreles, chiguaguas, San Bernardos y pekineses son todos “perros”, pertenecen a la especie de los perros domésticos (*Canis familiaris*). La razón básica para considerarlos como una sola especie es que las diferentes razas caninas pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fecunda (criterio mixológico). De aquí surge el concepto multidimensional o reproductivo de especie (bioespecie o especie biológica): Una comunidad reproductiva de poblaciones que ocupa un nicho específico en la naturaleza y que está reproductivamente aislada de los demás grupos de individuos (Mayr, 1968, págs. 35-36). Los primeros planteamientos en este sentido se encuentran en la obra de John Ray (1627-1705), quién escribió: “*Considero que todos los perros pertenecen a una especie porque se mezclan juntos en la generación, y la cría producida por estas mezclas es prolífica*” (citado por Barberá, 1994, pág. 421). La bioespecie consta de poblaciones naturales más bien que de individuos, y el criterio definitivo es el aislamiento reproductivo (genético) de estas poblaciones respecto a otras similares por barreras fisiológicas o conductuales. De esta forma se aclara la dificultad que representa para el concepto de morfoespecie, la existencia de especies hermanas o gemelas, especies reproductivamente aisladas que son tan similares morfológicamente que son casi imposibles de distinguir utilizando caracteres morfológicos.

El concepto de bioespecie presenta, sin embargo, ciertas dificultades. Las barreras reproductivas pueden determinarse en poblaciones simpátridas (que ocupan las mismas zonas geográficas), pero hay limitaciones prácticas para establecer si hay o no tales barreras entre poblaciones similares alopátridas. Aún cuando fuese posible realizar cruzamientos selectivos entre organismos de estas últimas poblaciones, puede ser arbitraria la decisión de considerarlas como una misma o como diferentes especies, porque los resultados de múltiples cruzamientos pueden variar desde la inexistencia de intercambio genético hasta un amplio abanico de intercambios (Strickberger, 1993, págs. 212-213). A muchos botánicos les es difícil aceptar el concepto de bioespecie, porque en los vegetales la efectividad del aislamiento reproductivo es menor que entre los animales, por diferentes razones: su alta frecuencia de poliploidía y apomixis, la inexistencia de cortejo (que en los animales crea barreras para la fecundación), la frecuencia de autofecundación, su menor complejidad de desarrollo y mayor longevidad y vigor vegetativo (Stebbins, 1989, págs. 120-121).

Las dificultades son mayores cuando se considera la dimensión temporal a través del registro fósil y la existencia de linajes que se reproducen solamente mediante mecanismos asexuales, casos en los que obviamente el concepto mixológico de bioespecie no se puede aplicar. Se denominan *cronoespecies* o *paleoespecies* (Simpson 1961a; Cain, 1970, pág. 132) aquellas que se intergradan formando series cronológicas, cuya capacidad de intercambio de genes no puede examinarse. Los organismos asexuales, que se reproducen vegetativamente mediante fisión o por partenogénesis, están formadas por clones aislados genéticamente, que pueden considerarse como un tipo especial de especie o no se les atribuye el carácter de verdaderas especies, denominándoseles *agamospecies*, *paraespecies* o *pseudoespecies* (Simpson 1961a; Cain, 1970, pág. 133; Dupré, 1992, pág. 315).

Para solucionar estos problemas, algunos paleontólogos desarrollaron el concepto de *especie evolutiva*, que incluye las bioespecies, a las cronoespecies y a las agamospecies. Lo básico sería el aislamiento evolutivo, del cual el aislamiento reproductivo es un aspecto, la separación o distancia evolutiva sería la responsable de diferencias ecológicas, conductuales, genéticas o morfológicas. Según la definición de especie evolutiva de George Gaylord Simpson (1961a, pág. 153), “*una especie evolutiva es un linaje (secuencia de poblaciones ancestrales-descendientes), que evolucionan separadamente de otros y que tiene su propio papel evolutivo unitario y sus propias tendencias*”. E. O. Wiley (1978, pág. 18) propuso una variante de esta definición: “*una especie es un simple linaje de poblaciones ancestrales y descendientes, que mantienen su identidad de otros de tales linajes y que tienen sus propias tendencias evolutivas y su historia*”. Si bien el concepto de especie evolutiva puede ser más inclusivo que el de bioespecie, es aún menos aplicable y no resuelve los problemas para los que fue creado, porque no permite determinar en qué momento empieza una nueva especie en la dimensión temporal, no aclara a qué se refiere con el “*papel evolutivo unitario*” ni las “*tendencias evolutivas*”, no explica por qué las líneas filogenéticas se mantienen separadas, y puede aplicarse por igual a cualquier población aislada (Mayr, 1998, págs. 150-151).

Las características de un organismo son, en algún grado, adaptadas para utilizar determinados recursos en cierto hábitat. Según el concepto ecológico de especie biológica las poblaciones forman agrupaciones fenotípicas discretas que reconocemos como especies porque los procesos evolutivos y ecológicos controlan la división de recursos que tienden a producir estas agrupaciones (Ridley, 1996, pág. 410). L. Van Valen (1976, pág. 233) propuso una definición ecológica de especie biológica: “*Una especie es un linaje (o un conjunto de linajes estrechamente relacionados) que ocupa una zona adaptativa mínimamente diferente de la de cualquier otro linaje de su rango y que evoluciona separadamente de todos los otros linajes*”.

Muchos taxonomistas cladistas adoptaron el concepto filogenético de especie, que intenta aplicar los conceptos cladísticos de acuerdo con lo cual se forma una nueva especie al surgir en una población un nuevo carácter derivado común (“apomorfismo”). Por ejemplo, D. Rosen (1979) propuso considerar como especies a todas las poblaciones de peces de ríos de Guatemala que presentaban genes endémicos locales, pero un crítico señaló que probablemente cada individuo se diferencia de sus padres en al menos un gen, dada la alta frecuencia de mutaciones génicas neutras, por lo cual si se sigue el concepto filogenético, debería decidirse sobre cuánta variación genética debe acumularse para reconocer especies diferentes (Mayr, 1998, pág. 151).

Otras definiciones de especie biológica son la definición mediante reconocimiento y la definición por cohesión. La definición mediante reconocimiento, propuesta por Hugh E. H. Paterson, (1926-) plantea que la especie es “*la población más incluyente de organismos individuales parentales que comparten un sistema común de fertilización*” (Paterson, 1985). Según Paterson, esta definición, derivada de la de bioespecie, tiene una ventaja práctica, porque el sistema de reconocimiento gamético es más fácil de observar que la capacidad de entrecruzamiento genético, usualmente inferido en forma indirecta. La definición por cohesión, propuesta por A. R. Templeton (1989, pág. 12) sugiere que la especie es “*la población más incluyente de individuos que tienen el potencial de cohesión fenotípica a través de mecanismos intrínsecos de cohesión*”. Los mecanismos de cohesión referidos promueven la identidad genética, por ejemplo mecanismos de aislamiento, ascendencia común, selección natural. El Dr. G. Ledyard Stebbins (1989, pág. 136) comenta: “*Cualquier definición simple puede aplicarse sólo a un grupo restringido de filos incluso entre animales y plantas superiores*”. Colin Patterson (1985, pág. 4) afirma: “*No ha sido posible hasta el momento formular una definición que cubra todos los casos posibles.*” Algunos autores han planteado un concepto pluralista de especie, según el cual en la naturaleza existirían diferentes tipos de especies biológicas, según sus características evolutivas particulares, algunas especies podrían ser más ecológicas, otras más reproductivas, según la influencia de factores como la selección natural y el flujo génico, que pueden tener importancia relativa diferente en poblaciones distintas (Mishler, y Brandon, 1987).

Según Ernst Mayr, gran parte de las confusiones sobre el “problema de la especie” se deben a que se confunden bajo un mismo término, “especie”, tres significados: el *concepto* de especie (su significado biológico o definición), la *categoría* especie como nivel concreto de la taxonomía linneana, y el *taxón* especie, es decir el caso individual concreto que debe ajustarse a la definición de especie, pero sólo se puede describir o delimitar no definir (Mayr, 1998, pág. 152). Una nueva definición de especie con una amplia discusión sobre el tema puede encontrarse en Hey (1997).

### 17.2.7. Las dificultades de la Selección Natural

El concepto central darwiniano de la evolución biológica, la “*selección natural*”, también es complejo. Aunque la teoría evolutiva mediante selección natural fue propuesta en 1859, no fue aceptada por la mayoría de los científicos hasta alrededor de 1940 (Mayr, 1998, pág. 120), y su comprensión aumentó a partir de 1960 (Ridley, 1987, pág. 58). Michael T. Ghiselin (1983, pág. 65) expresa: “*El propio Darwin estaba muy desalentado por sus intentos por explicar la selección natural a sus colegas, y puede que ésta sea una de las razones por las que retrasó tanto la publicación... Podría parecer que hay algo en la selección natural, a pesar de su aparente simplicidad, que la hacía incomprendible a la gran mayoría de los biólogos, al menos hasta que consideraban la cuestión en profundidad. Incluso después de la publicación de *The Origin of Species* la selección natural no obtuvo una aprobación inmediata ni universal, ni se entendía tan bien como se pudiera pensar*”.

### 17.2.8. ¿Qué es el darwinismo?

Cuando se habla o escribe acerca de la evolución biológica, suele hablarse del “darwinismo” (traducción del inglés *darwinism*, la Real Academia de la Lengua acepta los términos “darwinismo” y “darwiniano”, no así las formas de uso habitual “darwinismo” ni “darwiniano”). Según Ernst Mayr el término “*darwinism*” fue acuñado en 1864 por Thomas H. Huxley, pero actualmente se utiliza en muchos sentidos diferentes, según la nacionalidad del escritor, su ideología, el contexto o sus intereses, habiendo cambiado además a través del tiempo (Mayr, 1992, págs. 102-119).

Charles Darwin desarrolló dos ideas básicas: el hecho de la evolución biológica, que respaldó con abundante información, y el mecanismo evolutivo principal, la selección natural. Otras características de la hipótesis darwiniana son la ascendencia común, los cambios graduales y la multiplicación de las especies. Si hablamos de “*darwinismo*”, ¿nos estamos refiriendo a todos estos aspectos, o solamente a algunos de ellos?. ¿O debemos incluir además otros aspectos de las ideas de Darwin sobre la evolución biológica, tales como la herencia mezclada, los pangenes, el efecto del uso y desuso en la herencia de caracteres adquiridos, la consideración del ser humano como una especie animal más o la frecuencia de la especiación simpátrida?. Mayr (1992, pág. 104) dice “*llamar a tal conglomerado darwinismo sería peor que inútil, sería completamente equivoco*”.

A veces se usa el término “darwinismo” como sinónimo de “evolucionismo biológico” y se califica de “darwinista” a cualquier adherente a la idea de la evolución biológica, pero si bien Darwin hizo triunfar al evolucionismo entre los científicos, existieron diversos precursores, tales como Erasmus Darwin, Jean Lamarck, Geoffroy de Saint-Hilaire, etc. Para muchos filósofos e historiadores de la ciencia eran “darwinistas” los naturalistas que formaban el grupo de amigos y seguidores más cercanos a Charles Darwin: Charles Lyell (1797-1875), Thomas H. Huxley (1825-1895), Sir Joseph Dalton Hooker (1817-1911), Asa Gray (1810-1888) y Alfred Russell Wallace (1823-1913). Sin embargo, tenían poco en común aparte de su adhesión al evolucionismo biológico (tardío en el caso de Lyell): Huxley y Lyell no aceptaban a la selección natural, Huxley tampoco aceptaba el gradualismo, Wallace no aceptaba la selección sexual ni la herencia de los caracteres adquiridos, ni Wallace ni Lyell aceptaban que el ser humano fuese una especie animal más, Gray disintió de Darwin en relación al ser humano y porque aceptaba la participación del designio divino en el proceso evolutivo.

### 17.2.9. ¿Qué es el lamarquismo?

En la enseñanza de la evolución se insiste en diferenciar el “*darwinismo*” del “*lamarquismo*”, lo cual tampoco es simple. Generalmente se asocia al darwinismo con la idea de la selección natural, y al lamarquismo con la idea de la herencia de los caracteres adquiridos. Esto es una simplificación inexacta, porque, como hemos indicado, también Charles Darwin aceptó, al igual que Lamarck y aunque en forma secundaria, a la herencia de los caracteres adquiridos como parte del mecanismo evolutivo, a través de la herencia de cambios originados en el uso y el desuso de los órganos (Darwin, 1977a, págs. 62-63, 160, 227, 471; Darwin, 1987, págs. 261-262), lo cual ha sido reconocido ampliamente (Michie, en Barnett y cols., 1966, pág. 85; Simpson, 1967, pág. 189; Dobzhansky, 1969, pág. 148; Papp, 1977, pág. 224; Dobzhansky y cols., 1980, pág. 130; Gould, 1982, pág. 380; Ruse, 1983, pág. 267; Vogel y Angermann, 1985, pág. 445; Casinos, 1986, pág. ix; Maynard Smith, 1987, págs. 21-23; Radl, 1988a, pág. 321; Strickberger, 1993, pág. 27; Sandín, 1995, pág. 31; Ridley, 1996, pág. 13; Burnie, 2000, pág. 82; Gardner, 2001, pág. 26), por lo tanto a Charles Darwin se le podría calificar de “lamarquista”.

Para entregar una base hipotética a la herencia de los caracteres adquiridos, Charles Darwin propuso la hipótesis de la pangénesis (Dodson, 1963, pág. 105; Ruse, 1983, pág. 267; Bowler, 1995, pág. 243; Milner, 1995, pág. 644; Miller y Van Loon, 1995, pág. 142).



Los planteamientos de Darwin eran muy amplios, como afirmó en *“El Origen de las especies”*: *“Pero como mis conclusiones han sido recientemente muy tergiversadas, y se ha afirmado que atribuyo la modificación de las especies exclusivamente a la selección natural, me permito hacer observar que en la primera edición de esta obra y en las siguientes, puse en lugar bien visible – o sea, al final de la Introducción – las siguientes palabras: “Estoy convencido de que la selección natural ha sido el principal, pero no el exclusivo medio de modificación”. Esto no ha servido de nada. Grande es la fuerza de la tergiversación continua...”* (Darwin, 1977a, págs. 471-472).

La herencia de los caracteres adquiridos representa tan solo un aspecto de la hipótesis evolutiva de Jean Lamarck (Bowler, 1985, pág. 15, Casinos, 1986, pág. ix), quien la aceptó sin insistir mucho en ella, sin considerarla como el centro de su sistema ni reclamarla como idea suya, porque era una creencia común muy arraigada en la cultura popular (Zircle, 1946; Gould, 1983b, pág. 80; Harris, 1985, pág. 163; Humphreys, 1996, pág. 295; Grasa Hernández, 2002, pág. 36). Es mucho más exacto, por lo tanto, reemplazar los términos *“lamarquismo”* y *“darwinismo”*, utilizados en esta forma, respectivamente, por los de *“neolamarquismo”* (término acuñado por Alpheus Packard en 1885 para los partidarios de la herencia de caracteres adquiridos, Bowler, 1985, págs. 73, 136) y *“neodarvinismo”* (término acuñado por George J. Romanes en 1896 para excluir la herencia de caracteres adquiridos, Mayr, 1992, pág. 122), que son las dos corrientes principales que retomaron las ideas de ambos naturalistas y las simplificaron con los sentidos señalados.

Sin embargo, debe reconocerse que entre los llamados *“neolamarquistas”* se encuentran posiciones teóricas muy diversas, algunas fundamentalmente distintas de las del propio Lamarck, no pudiendo reconocerse alguna teoría neolamarquista coherente (Boesiger, en Ayala y Dobzhansky, 1983, págs. 47, 53).

Los neolamarquistas aceptaban las modificaciones en los organismos inducidas directamente por el ambiente, aspecto negado por Lamarck (Simpson, 1967, pág. 189). Georges Olivier comenta: *“Se ha dicho que Lamarck habría renegado de este neolamarckismo, que no se parece en nada a su concepto inicial; esto sería exacto si Lamarck hubiese podido resucitar cien años más tarde y con las mismas ideas de su siglo. Lo mismo puede decirse de Darwin, quien habría rechazado, horrorizado, el neodarvinismo actual”* (Olivier, 1968, pág. 44). Ni Jean Lamarck ni Charles Darwin conocieron las bases de la genética, inexistente entonces, ni relacionaron a la herencia con estructura celular alguna.

Donald Michie (en Barnett y cols., 1966, págs. 84-85) consideró que la herencia de los caracteres adquiridos, de Lamarck y Darwin, a la que denomina “*teoría de la herencia por dos vías*”, se caracteriza porque las influencias que actúan sobre el cuerpo pueden a su vez influir sobre el material genético; en cambio el sistema neodarvinista de Weismann es la “*teoría de la herencia por una vía*”, en la cual el tráfico de causa a efecto se produce unidireccionalmente, desde el material genético hacia el cuerpo. Donald Michie plantea que se está iniciando una tercera fase de la genética, que demostraría la exactitud de las ideas de Jean Lamarck y Charles Darwin, en experimentos acerca de herencia citoplasmática en *Paramecium*, rotíferos, trasplante nuclear de embriones, amebas, etc.

Probablemente a partir de este tipo de análisis, que identifica “*material genético*” con cromosomas y “*cuerpo*” con citoplasma, hay quienes plantean que la herencia materna y la herencia extracromosómica estarían demostrando la herencia de caracteres adquiridos. Tal es la opinión de Edgardo Puentes Palermo, en un libro que defiende a Trofim Lysenko (Puentes, 1970, págs. 115, 133-143). Esta discutible definición de “lamarquismo” como sinónimo de herencia no mendeliana se encuentra incluso en artículos técnicos: “*La esencia de la herencia Lamarquiana hoy es que en ella puede haber adquisición por adición de ácido nucleico, extranucleico o epinucleico, materiales que no corresponden al ADN nuclear convencional ni siguen las leyes de Mendel*” (Hoenigsberg, 1992, pág. 225). Consideramos que no es correcto sinonimizar herencia no mendeliana con lamarquismo (o neolamarquismo) porque el material genético, sea cromosómico o no cromosómico (mitocondrial, plastidial, episomal, etc.), es de la misma naturaleza (ADN), y actúa en la misma forma, mediante transferencia de información hacia el ARN y finalmente a las proteínas. Por otra parte, algunos neolamarquistas como Paul Kammerer (1880-1926), estaban dispuestos a aceptar que la herencia de caracteres adquiridos seguiría las leyes mendelianas (Casinos, 1986, pág. xiii).

Algunos investigadores o divulgadores de la ciencia han tratado de plantear las diferencias entre el esquema neolamarquista y el neodarvinista en términos moleculares, sugiriendo que el modelo de Darwin seguiría el llamado “dogma central” de la biología molecular (Torres, 1995, pág. 37):

Genoma → Proteínas → Ambiente

En cambio, el esquema lamarquiano seguiría una dirección opuesta:

Ambiente → Proteínas → Genoma

Paul Wintrebert (1962) desarrolló una teoría que se llamo “neolamarquismo químico”, según la cual los verdaderos determinantes hereditarios se encontrarían en el citoplasma y actuarían sobre los genes transmitiendo las modificaciones. Tampoco esta interpretación parece adecuada. Las diferencias en las bases genéticas del proceso evolutivo de acuerdo con las ideas de Jean Lamarck y Charles Darwin se refieren al origen de la variación hereditaria, que para Lamarck serían causas ambientales y para Darwin a veces serían una causa desconocida y otras veces cambios ambientales (Strickberger, 1993, pág. 27). En su texto *“The Variation of Animals and Plants Under Domestication”*, Charles Darwin escribió: *“Si fuera posible exponer a todos los individuos de una especie durante muchas generaciones a condiciones de vida absolutamente uniformes, no existiría variabilidad”* (citado por Winther, 2000, pág. 428).

Obviamente ni Jean Lamarck ni Charles Darwin consideraron dentro de su esquema ni a las proteínas ni al ADN (genoma), no apelaron ni al citoplasma ni al núcleo celular. Si concordamos en que todo el material hereditario biológico celular es ADN, y que los cambios hereditarios se producen por modificaciones de este ADN (mutación), como se concluyó mucho tiempo después de las obras de ambos padres del evolucionismo, entonces la verdadera diferencia en este campo entre el neolamarquismo y el neodarwinismo, en el nivel molecular, es diferente. De acuerdo con el neodarwinismo, la fuente de diversidad genética poblacional es aleatoria, independiente tanto de los efectos adaptativos en los individuos como de los estímulos de su interacción con el ambiente, en cambio para los neolamarquistas la diversidad genética surge de manera dirigida por las interacciones con el ambiente y tiende a adaptar directamente a los organismos a sus necesidades.

El neolamarquista francés Félix Le Dantec (1869-1917), defendía, a principios del siglo XX, que cuando un animal resiste a una enfermedad ocurre un proceso de selección natural en el nivel celular, de modo que aquellas células que por variación natural fuesen resistentes, pasarían a ser el único tipo de células corporales y la resistencia a la enfermedad, que es un carácter adquirido, sería consecuencia de la selección (Le Dantec, 1899, 3ª parte, págs. 13-17). El Dr. Edward J. Steele (1948-) ha retomado esta idea en su teoría de la “selección somática” en el nivel del sistema inmunológico, incorporando el concepto de mutación (Steele, 1979). Los experimentos de Steele, que parecían probar la herencia de caracteres adquiridos a nivel del sistema inmunitario, no han sido confirmados por otros investigadores (Robertson, en Cherfas, 1983, págs. 59-61; Eldredge, 1997, pág. 151).

El profesor Máximo Sandín Domínguez se manifiesta partidario del neolamarquismo asumiendo que las novedades evolutivas surgen mediante material genético viral, por lo tanto se producirían mediante herencia de caracteres adquiridos (porque se adquirirían mediante infección por virus) y por mutaciones como respuestas a estímulos ambientales, lo que en su opinión se habría constatado en bacterias y al parecer también en levaduras (Sandín, 1995, pág. 148).

En otras palabras, de acuerdo con el neolamarquismo las mutaciones son dirigidas por el ambiente, son *postadaptativas*, porque el ambiente adapta al organismo induciendo su aparición específica; en cambio según el neodarvinismo las mutaciones surgen al azar, independientemente de las necesidades, y son *preadaptativas*, puesto que la adaptación surge después, mediante selección natural. En un histórico experimento realizado en 1943, Salvador E. Luria y Max Delbrück cultivaron bacterias *Escherichia coli* en presencia del bacteriófago T1 y demostraron que la producción de mutaciones es preadaptativa (Luria y Delbrück, 1943). Mark Ridley (1987, pág. 39) expresa en forma tajante: *“Han sido propuestas varias teorías evolutivas por “variación dirigida”, pero debemos descartarlas. No existe ninguna evidencia de variación dirigida en la mutación, en la recombinación o en el proceso de la herencia mendeliana. Cualquiera que sea la verosimilitud interna de estas teorías, de hecho, son equivocadas. Ni la herencia de caracteres adquiridos, ni ninguna otra teoría de cambio hereditario dirigido (o mutación dirigida), es el mecanismo de la evolución”*. Una idea erróneamente imputada a Jean Lamarck es la de la voluntad como causa de modificación en los seres vivos (Cannon, 1957). Según Herbert Graham Cannon (1897-1963), Jean Lamarck nunca lo dijo, el error presumiblemente surgió de una mala traducción del verbo *“besoin”* como *“need”* en inglés, traducido al español como *“deseo”* (Sánchez, s/a). La palabra francesa *“besoin”* se refiere a una nueva necesidad material, de determinadas condiciones, ya sea de alimentación, humedad, etc. y *“need”*, en cambio, corresponde a una necesidad interna o subjetiva. Según Stephen Jay Gould (en Fabian, 2001, pág. 20) esta mal interpretación usual del pensamiento de Lamarck surgió en 1832, en un resumen del pensamiento de Lamarck que hizo Charles Lyell en el segundo volumen de sus *“Principles of Geology”*, y de allí lo tomó Charles Darwin. El ejemplo citado con mayor frecuencia en los textos como un hipotético mecanismo evolutivo lamarquiano es el del origen del largo cuello de la jirafa. En su *Philosophie Zoologique*, Jean Lamarck (1986, págs. 187-188) lo desarrolló brevemente: *“Relativamente a los hábitos, es curioso observar el producto en la forma particular y talla de la jirafa. Se sabe que este animal, el más alto de los mamíferos, vive en el interior del África, donde la región árida y sin praderas le obliga a ramonear los árboles”*.

Lamarck continúa: *“De este hábito, sostenido después de mucho tiempo, en todos los individuos de su raza, resultó que sus patas delanteras se han vuelto más largas que las de atrás, y que su cuello se ha alargado de tal manera, que el animal, sin alzarse sobre las patas traseras, levanta su cabeza y alcanza con ella a seis metros de altura”*. En su *“Origin of Species”*, Charles Darwin (1977a, pág. 228) retomó a la jirafa para explicar la selección natural: *“en la naturaleza, al originarse la jirafa, los individuos que ramoneasen más alto y que durante los tiempos de escasez fuesen capaces de alcanzar aunque sólo sea unos cinco centímetros más arriba que los demás, se conservarían a menudo, pues recorrerían todo el país en busca de alimento. El que los individuos de una misma especie difieran con frecuencia en la longitud relativa de todas sus partes, puede comprobarse en muchas obras de historia natural...”* Dado que ambos padres del evolucionismo se refirieron a la jirafa para ejemplificar sus hipótesis, no es raro que haya pasado a transformarse en el material típico para confrontar a ambos puntos de vista. Curiosa e inexplicablemente, en un libro antidarvinista, Gordon Rattray Taylor (1983, pág. 45) afirma: *“Hay que decir, para hacerle justicia a Lamarck, que él nunca hizo esa afirmación sobre el cuello de la jirafa; de lo que habló fue de las patas de la jirafa, y el número de biólogos que han reproducido el error de decir que escribió sobre su cuello demuestra que pocas veces los científicos se molestan en acudir a las fuentes originales. La realidad es que en sus escritos originales no mencionó nunca a las jirafas, de lo que habló fue de las aves zancudas”*.

#### 17.2.10. El azar en la evolución biológica

Cuando se explica la selección natural, la deriva génica, la extinción o la producción de mutaciones, debe manejarse el concepto de *azar*, lo cual también produce algunos problemas. Una refutación clásica de la evolución por parte de los *“creacionistas científicos”* argumenta que los evolucionistas suponen que todo el proceso evolutivo ocurre mediante el solo y simple azar. Autores como Lee M. Spetner (1998) pretenden demostrar matemáticamente la imposibilidad de la evolución mediante el cálculo de probabilidades según la tasa normal de mutaciones. Que algo ocurra por influencia del azar no significa, como quieren hacernos creer los antievolucionistas, que se esté afirmando que en tal caso cualquier cosa sea igualmente posible, como por ejemplo que un tornado que pase sobre un depósito de chatarra metálica forme instantáneamente un Boeing 747 (Hoyle, 1984, pág. 19). Como manifiesta Richard Dawkins (1993, pág. 270), ello no es cierto, porque la selección natural no trabaja mediante macromutaciones al azar, sino es un proceso anti-azar, que actúa en forma iterativa, acumulativa, reuniendo a largo plazo pequeñas variaciones ventajosas.

Además, existen limitaciones fisicoquímicas, genéticas y mecánicas del desarrollo, de modo que la naturaleza de las células y de las proteínas limitan las opciones del desarrollo, así como las contingencias históricas limitan las posibilidades evolutivas de cualquier grupo de organismos. En otras palabras, suponer que un determinado proceso no esté dirigido conscientemente por alguna entidad, no implica suponer que ocurra “*simplemente por el azar*”.

### 17.3. Concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la evolución

#### 17.3.1. Introducción: naturaleza de las concepciones alternativas

La enseñanza de la evolución es una tarea difícil, porque sus dificultades no derivan solamente de la comprensión de la teoría de la evolución en sí. Muchos alumnos presentan dificultades para comprender plenamente los mecanismos básicos que rigen los procesos evolutivos, de acuerdo con la teoría sintética (Andreu, 1996), debido a sus concepciones intuitivas. Las concepciones espontáneas de los alumnos se deben en gran parte a la utilización por parte de los estudiantes de reglas simplificadoras para identificar y comprender procesos complejos, al aplicar el sentido común, combinándose con una cierta visión teleológica y con el pensamiento antropocéntrico, y además existen confusiones derivadas del uso del lenguaje común en contextos científicos (Grau y De Manuel, 2002, pág. 57). M. E. Beeth (1995, pág. 4) observa que los "*principiantes expresan con frecuencia concepciones consistentes con versiones antiguas de conceptos científicos aceptados por las comunidades científicas en el pasado, y con frecuencia por razones similares*".

Los estudiantes desarrollan diversas ideas erróneas, diferentes a las aceptadas por la comunidad científica, a partir de lo que han leído en la literatura infantil, diarios o revistas, lo que han encontrado en Internet y en la televisión, a partir de sus vivencias personales, de acuerdo con el sentido del lenguaje popular o con las creencias populares, mediante la interacción con sus pares, padres u otras personas, o por el desarrollo de analogías con ideas provenientes de otras áreas (Serrano, 1987). Determinar los orígenes de los preconceptos de los estudiantes y los problemas asociados que llevan a la confusión y a las ideas falsas en el campo de la evolución biológica, puede ayudar para orientar la discusión con los estudiantes de los aspectos específicos de los errores conceptuales.

El propio ámbito escolar puede inducir o afianzar las ideas espontáneas debido al intento de simplificar o por el uso de un lenguaje, en textos o por parte del profesor, que el alumno interpreta en forma diferente a su sentido original. En algunos casos en los propios establecimientos educacionales se ignora el razonamiento científico y se potencia a la anticencia (Sacks, 1996; Shermer, 1997). Los estudios acerca de los conceptos sobre la evolución biológica que tienen estudiantes, profesores, o administradores de establecimientos educacionales, revelan muchos malentendidos y la aceptación sustancial de ideas pseudocientíficas (Brumby, 1984; Greene, 1990; Demastes, Settlage, y Good, 1995).

Las ideas erróneas de los estudiantes pueden clasificarse en varios tipos (Committee on Undergraduate Science Education, 1997): Las *nociones preconcebidas* son conceptos populares derivados de las experiencias diarias. Las *creencias no científicas* incluyen los puntos de vista aprendidos por los estudiantes a partir de fuentes diferentes a la educación científica, tales como enseñanzas religiosas o míticas. Los *malentendidos conceptuales* se producen cuando se enseña a los estudiantes la información científica de manera que no los lleve a enfrentar paradojas y no esté en conflicto con sus nociones preconcebidas y creencias no científicas. Las *ideas falsas vernáculas* se presentan por el uso de las palabras que significan una cosa en vida diaria y otra en un contexto científico. Las *ideas falsas factuales* son errores aprendidos a menudo en una edad temprana y que se conservaron sin ser cuestionadas hasta la edad adulta.

Estas explicaciones alternativas de los estudiantes respecto a los fenómenos naturales hacen complejo el aprendizaje de la ciencia, porque el alumno debe abandonar antiguos conceptos erróneos y reemplazarlos por ideas nuevas poco familiares, lo cual no es fácil. El alumno no duda de sus representaciones porque le son coherentes, tienen para él un valor significativo en función de sus modelos de pensamiento y estas representaciones son muy difíciles de cambiar porque escapan a la confrontación con la realidad o con otras representaciones. Antiguos hábitos de pensamiento son resistentes al cambio (Brumby, 1979; Osborne y Gilbert, 1980), suelen persistir después de que los estudiantes han conocido las explicaciones alternativas científicas, meses más tarde de la intervención didáctica los alumnos suelen volver a sus ideas antiguas (Chapman y cols., 1981; Smith y Anderson, 1984). O bien, al no comprender las ideas científicas, los alumnos simplemente repiten lo que creen que de ellos se espera oír, y en situaciones no escolares aplican sus ideas originales (Grau, 1993; Demastes, Settlage y Good, 1995). Un mismo estudiante puede utilizar alternativamente modelos de razonamiento erróneos o aceptados científicamente, según el contexto involucrado o el tipo de problema que se les plantea (Marton, 1981; Jiménez y Fernández, 1989, pág. 78; Linder, 1993).

### 17.3.2. Principales preconceptos sobre la evolución biológica

Se han realizado abundantes investigaciones acerca de las ideas erróneas de los estudiantes sobre la evolución biológica. Investigaciones diseñadas para realizar una descripción completa y sistemática acerca de los preconceptos de los estudiantes sobre la evolución biológica en cursos de biología elemental (Bishop y Anderson, 1986; Bishop y Anderson, 1990), revelan tres aspectos principales por los cuales los principales conceptos no científicos se diferencian de los conceptos ampliamente aceptados por los científicos:

1. Los estudiantes pensaron que los cambios en los rasgos después de un cierto plazo se deben a necesidades adaptativas impuestas por el ambiente, en lugar de considerar las mutaciones, recombinación de genes y selección natural. No distinguieron entre los procesos responsables del surgimiento de los caracteres en una población mediante cambios en el material genético (mutación y recombinación), y los responsables de la supervivencia de esos rasgos en un cierto plazo (selección natural). Tenían dificultad para entender la idea clave de que el ambiente afecta la supervivencia de rasgos después de su aparición en la población. Pensaron que el cambio era solamente el resultado de las fuerzas ambientales, que actuarían en los organismos para producir el cambio, y manifestaron varias concepciones sobre cómo el ambiente ejerce su influencia. Algunos manifestaron conceptos teleológicos o lamarquistas; es decir, atribuyeron el cambio evolutivo a la necesidad o los deseos. Por ejemplo, los estudiantes pensaron que si un organismo necesitara correr rápidamente para obtener su alimento, la naturaleza permitiría que desarrollara habilidades para correr más rápido. Algunos manifestaron otras opiniones lamarquistas, atribuyendo el cambio evolutivo al uso y desuso. Por ejemplo, pensaron que si las salamandras de las cavernas no utilizaron sus ojos durante muchas generaciones, sus ojos dejaron de ser funcionales. Los estudiantes atribuyeron el cambio evolutivo a la capacidad de los organismos para modificarse en respuesta a las “*demandas ambientales*”.

2. Los estudiantes no consideraron a la variación genética intraespecífica como importante para la evolución, aunque tal variación es esencial para que ocurra este proceso, ni tomaron en cuenta las diferencias en el éxito reproductivo. Pensaban que la evolución actúa en la especie en su conjunto, no reconociendo que la variación entre los individuos dentro de una población constituye la materia prima de la evolución. No entendían que el proceso de la selección natural es dependiente de diferencias en los rasgos genéticos y del éxito reproductivo entre miembros individuales de la población.



3. Los estudiantes estimaron que el cambio evolutivo ocurre mediante modificaciones progresivas en los rasgos de todos los individuos simultáneamente, más bien que como una proporción cambiante de individuos con características discretas diferentes. Los estudiantes no reconocieron que los rasgos se establecen gradualmente en una población a medida en que aumenta con cada generación la proporción de individuos que tienen éxito y que poseen esos rasgos, determinados genéticamente. Creyeron que todos los individuos cambian lentamente en un cierto plazo. Por ejemplo, pensaron que si las salamandras que vivían en cavernas no necesitaron la vista, traspasaron genes que les fueron confiriendo cada vez menor capacidad para ver, hasta que las poblaciones de salamandras se hicieron ciegas.

### 17.3.3. Concepciones lamarquistas

Un estudio de los preconceptos de estudiantes australianos de medicina del primer año, reveló que la mayoría de los estudiantes de la muestra que tenía estudios científicos, abandonó la educación secundaria manteniendo intuitivamente puntos de vista lamarquistas acerca del cambio evolutivo. Pensaban que el cambio evolutivo ocurre como resultado de necesidades, a pesar de haber recibido una intensa preparación biológica (Brumby, 1984). Sostenían ideas falsas sobre la resistencia a los pesticidas por parte de los insectos, pensando que individualmente los insectos se hacen más inmunes a los pesticidas durante el curso de su vida, en lugar de que aumentara el porcentaje de los insectos inmunes a los pesticidas a través de muchas generaciones (Brumby, 1984).

Los estudiantes que mantienen tales ideas erróneas no entienden que una población pueda cambiar a través de las generaciones debido a que se modifican las proporciones entre los individuos que llevan uno u otro rasgo, asociados a uno o a varios genes alternativos. En su lugar, piensan que la evolución consiste en el cambio gradual de las características en todos los individuos de la especie simultáneamente (Brumby, 1984; Lawson y Thompson, 1988; Bishop y Anderson, 1990), lo cual se debe a que consideran que el mecanismo evolutivo es la adaptación individual a un ambiente determinado. Por ejemplo, a la pregunta de cómo desarrollaron los guepardos su capacidad corredora, un alumno respondió: *“porque ellos necesitan correr rápido para alimentarse, de modo que la naturaleza les permite desarrollar la capacidad de correr más rápido”* (Bishop y Anderson, 1990, pág. 422).

Diversos estudios demuestran que las explicaciones lamarquistas son más frecuentes que las de tipo darvinista, lo que se ha observado tanto en alumnos de nivel secundario como universitario, e incluso en textos de estudio (Lucas, 1971; Jungwirth, 1975; Deadman y Kelly, 1978; Brumby, 1979; Kargbo, Hobbs y Erickson, 1980; Brumby, 1984; Halldén, 1988; Jiménez y Fernández, 1989; Greene, 1990; Bishop y Anderson, 1990; Gené, 1991; Jiménez, 1991; Jiménez, 1992; Grau, 1993; Settlage, 1994; De Manuel y Grau, 1996; Humphreys, 1996; Samarapungavan y Wiers, 1997; González y Tamayo, 2000; Jiménez, 2002). En un estudio, el 86% de los alumnos de la muestra realizó explicaciones de tipo lamarquista (Ayuso y Banet, 1999, pág. 209).

El desarrollo espontáneo de ideas lamarquistas se explica por varias razones. J. P. A. Angseesing (1978) opina que el lenguaje descuidado de muchos profesores puede contribuir a que los alumnos desarrollen confusos puntos de vista lamarquistas sobre la evolución, y lo mismo puede decirse en relación con algunos textos de estudio (Ayuso y Banet, 1999, pág. 186). Anton E. Lawson y Lois D. Thompson (1988) argumentan que este tipo de explicaciones se deben a que los alumnos no han alcanzado el nivel de razonamiento de operaciones lógico-formales y sugieren que la evolución mediante selección natural se enseñe cuando los alumnos hayan superado la etapa de operaciones concretas. Sus conclusiones son apoyadas por otro estudio (Lawson y Weser, 1990). Según Ola Halldén (1988) las dificultades de los estudiantes de nivel secundario para aplicar las explicaciones darvinistas son aparentemente independientes de su comprensión de la genética, se deberían a la inhabilidad para sintetizar adecuadamente explicaciones coherentes para los fenómenos evolutivos.

Las concepciones lamarquistas se mantienen cuando no se comprenden las bases genéticas del proceso evolutivo. La principal dificultad para entender el mecanismo evolutivo por parte de los estudiantes deriva de sus nociones inadecuadas de algunos principios básicos de genética (Halldén, 1988; Kindfield, 1994; Jensen y Finley, 1995; Ramorogo y Wood-Robinson, 1995; Kargbo, Hobbs y Erickson, 1980), lo cual explica al menos en parte su tendencia al razonamiento de tipo lamarquista (Ayuso y Banet, 2002). La genética es un campo que presenta dificultades para la comprensión de los alumnos (Longden, 1982; Stewart, 1982; Lawson y Thompson, 1988). Rara vez se une el concepto de variabilidad intraespecífica con el de selección natural (Clough y Wood-Robinson, 1985, pág. 126; Bishop y Anderson, 1986, págs. 1-3; Jiménez, 1991, pág. 254; Smith, Siegel y McInerney, 1995, pág. 39). Los alumnos de entre 7 y 13 años no manejan el concepto de variabilidad intraespecífica (Grau, 1993, pág. 88).

Con propósitos educativos, Ferrari y Chi (1998) proponen cinco principios en los cuales centrar secuencialmente la enseñanza de la selección natural: variación individual, tasa diferencial de sobrevivencia, heredabilidad determinada genéticamente, tasa reproductiva diferencial y acumulación de cambios. A estos principios pueden agregarse dos conceptos básicos: la mutación como origen último de las nuevas variaciones y la ascendencia común (Hagman, Olander y Wallin, 2002). Frecuentemente los alumnos confunden las mutaciones con cambios asociados al crecimiento, la metamorfosis o la pubertad (Ayuso y Banet, 1999, pág. 191). Respecto al origen de las variaciones hereditarias, no todos los alumnos aceptan que surjan a través de mutaciones, algunos están de acuerdo o parcialmente de acuerdo, en que influyen la necesidad, el esfuerzo o el propósito (Wallin, Hagman y Olander, 2000).

El concepto lamarquiano de la herencia de los caracteres adquiridos es una idea causal simple (causa cercana en el tiempo y en el espacio) que se entiende fácilmente, en cambio la selección natural requiere dos pasos (origen de la variación y selección propiamente dicha). Además, para entender la explicación darwinista alternativa de la selección natural se necesita tener previamente un concepto poblacional asociado a la variabilidad intraespecífica (Troncoso y Tamayo, 1998, pág. 176). Por otra parte, los estudiantes suelen pensar en términos deterministas, no probabilísticos (Hackling y Treagust, 1984), y los textos de estudio relativos a genética y evolución biológica, suelen tener una orientación igualmente determinista (Jiménez, 1994).

Las ideas del “uso y desuso de los órganos” y de la “herencia de caracteres adquiridos” son muy comunes entre la gente sin mayor formación científica (Zircle, 1946; Gould, 1983b, pág. 80; Harris, 1985, pág. 163; Humphreys, 1996, pág. 295; Grasa Hernández, 2002, pág. 36), formaban una especie de superstición por lo menos desde la Ilustración o mucho antes (Sampedro, 2002, pág. 16). Manifestaron posiciones lamarquistas muchos intelectuales y escritores influyentes (Hitching, 1982; Dawkins, 1993, págs. 329-330; Bowler, 1995, pág. 194; Milner, 1995, pág. 471-472; Burnie, 2000, pág. 109), por ejemplo el novelista, pintor y músico inglés Samuel Butler (1835-1902), el psiquiatra Sigmund Freud (1856-1939), el dramaturgo George Bernard Shaw (1856-1950), el filósofo Henri Bergson (1859-1941), el filósofo William McDougall (1871-1938), el escritor húngaro Arthur Koestler (1905-1983), e incluso el propio Charles Darwin (Darwin, 1977a, págs. 62-63, 160, 227, 471; Darwin, 1987, págs. 261-262). Arthur Koestler (1971, pág.32) escribió: *...Si el lamarquismo fue una superstición, Darwin contribuyó a ella*”.

Entre los científicos que adhirieron posteriormente a posiciones cercanas al neolamarquismo se encontraban el austriaco Paul Kammerer (1880-1926), quien se suicidó tras el escándalo desatado por la falsificación de guantes nupciales en ejemplares de sapo que supuestamente demostraban la herencia de caracteres adquiridos (Kammerer, 1924; Wendt, 1958, págs. 333-337; Koestler, 1971; Dawes, 1977; Taylor, 1983, págs. 47-49; Gould, 1983b, págs. 83-86; Milner, 1995, págs. 370-371; Di Trocchio, 1998, págs. 249-265), y el ideólogo soviético Trofim Denissovich Lysenko (1898-1976), que persiguió encarnizadamente a los “morganistas-mendelistas” (Stoletov, 1951; Huxley, 1952; Wendt, 1958, págs. 337-338; Puentes, 1970; Lecourt, 1978; Taylor, 1983, págs. 49-52; Gould, 1984, págs. 141-143; Joravsky, 1986; Wallace, King y Sanders, 1990, pág. 53; Milner, 1995, págs. 421-422). Peter J. Bowler (1985, pág. 23) opina que *“El lamarckismo atrae, tanto ahora como entonces, porque nos permite creer que la vitalidad y la creatividad, que casi todo el mundo considera como los caracteres fundamentales de la vida, son las auténticas fuerzas motoras de la naturaleza. Por esta razón la teoría nunca podría ser destruida mediante argumentos puramente científicos”*.

#### 17.3.4. La adaptación como un proceso consciente e intencional

La mayoría de los alumnos cree que la adaptación es siempre un proceso individual de ajuste, que se debe a que los organismos experimentan conscientemente modificaciones físicas en respuesta a los cambios ambientales, o como una respuesta a una necesidad o porque es algo natural, que tenía que ocurrir, de modo que la adaptación suele considerarse con un criterio antropocéntrico como un proceso consciente referido a las necesidades o deseos de los organismos de responder a algún requerimiento (Lucas, 1971; Deadman y Kelly, 1978; Clough y Wood-Robinson, 1985; Greene, 1990; Bizzo, 1994; De Manuel y Grau, 1996; Demastes, Good y Peebles, 1996). En un pretest realizado por John Settlage acerca de los mecanismos evolutivos, la mayoría de los alumnos señalaron como principales causas la necesidad, seguida por el uso de los órganos; estas dos categorías en conjunto se encontraron en más de la mitad de las respuestas (Settlage, 1994, págs. 451, 453). La concepción de la adaptación como un fenómeno intencionado se refuerza por la redacción de algunos textos de estudio (ejemplos en De la Gándara y Gil, 1995, pág. 38). Estas pseudoexplicaciones biológicas se enmarcan en una perspectiva vitalista, con connotaciones finalistas e intencionales, en la que los procesos ocurren de acuerdo con las necesidades, las causas se transforman en efectos, los problemas en respuestas, y los fenómenos se explican de acuerdo con los *para qué* en lugar de centrarse en *cómo* ocurren (De la Gándara y Gil, 1995, pág. 38; De la Gándara y cols., 2002, pág. 304).

Otras deficiencias en el tratamiento de la adaptación en textos de estudio detectadas por De la Gándara y Gil son las argumentaciones tautológicas, la inducción a que el estudiante realice simples especulaciones a modo de hipótesis, y la presentación de premisas falsas o incompletas. En algunos textos se presenta la variabilidad como un factor de la adaptación, o la adaptación como un factor de la variabilidad, a veces por un mismo autor (De la Gándara y cols., 2002, pág. 308).

### 17.3.5. Pensamiento teleológico: La evolución como un proceso finalista

La teleología es una antiquísima tradición aristotélica y cristiana, la "*doctrina de las causas finales*", que considera al ser humano como el producto final y más acabado de la naturaleza. Los escolásticos sentaron el principio de que "*todo lo que se hace, se hace con algún fin*", y Aristóteles planteó su doctrina teleológica en la frase "*nada en vano*". Los alumnos suelen tener una visión teleológica sobre los fenómenos naturales, identificando causas con propósitos (Jungwirth, 1975; Jungwirth, 1977; Bartov, 1978, Scott, 1987; Tamir y Zohar, 1991). A veces los propios profesores y expertos describen la evolución en términos teleológicos, debido a que hablan metafóricamente, lo cual a veces confunde a sus estudiantes (Jungwirth, 1975a; Jungwirth, 1977). Las ideas de la evolución lineal, se entrelazan con el antropocentrismo y la teleología. Imperceptiblemente se desliza esta idea al emplear términos como "*más evolucionados*" o "*más primitivos*". La clave del error está en considerar a la evolución como un proceso de cambio progresivo unidireccional, mediante una sucesión de pasos sucesivos en un orden lineal, olvidándose que incluye múltiples ramificaciones.

Una revisión de la literatura sobre la enseñanza de la evolución biológica realizada por Demastes, Trowbridge y Cummins, (1992) reveló que las principales ideas intuitivas de los estudiantes corresponden al pensamiento antropocéntrico, teleológico y la influencia de creencias fuertemente arraigadas. Según Manuel J. Andreu (1996), con frecuencia la concepción intuitiva del alumno sobre la evolución biológica incluye tres ideas erróneas. Además de la herencia de los caracteres adquiridos, propia del lamarquismo, y la aceptación de un modelo lineal, unidireccional, de los procesos evolutivos, en el que los diferentes grupos de seres vivos actuales representan diferentes etapas del proceso evolutivo, se agrega el carácter finalista de la evolución biológica. De acuerdo con esta concepción, surgen cambios o innovaciones a lo largo de la evolución como respuesta a una necesidad predeterminada por el organismo, lo cual se expresa de un modo más general como una tendencia de la materia viva a dirigirse hacia una meta global predeterminada.

En opinión de Andreu (1996), la evolución biológica produce estructuras ordenadas, los seres vivos, y como el ser humano también produce objetos y crea estructuras ordenadas premeditadamente con un fin, no es extraño que el alumno tienda a interpretar la evolución biológica con un sentido finalista. Para el alumno, la única forma razonable de fabricar un objeto es diseñarlo según su utilidad y construirlo, sin mayor derroche de energía.

Según los finalistas la secuencia de cambios que produce la evolución biológica está fijada por el material hereditario. Algunos ortogeneticistas postulaban que los cambios evolutivos son planificados y dirigidos por una fuerza inmaterial. Se le habría “dado cuerda” a la máquina evolutiva y habría funcionado en la forma predeterminada. El botánico y genetista Karl Nägeli (1817-1891) y el padre del plasma germinal, August Weismann (1834-1914), aceptaron una “*fuerza filética*” inherente al protoplasma, que produciría una tendencia a la perfección (Padoa, 1963, pág. 249, Mason, 1986, págs. 53-54; Radl, 1988a, págs. 284, 307-308). Paleontólogos y filósofos propusieron ideas similares que planteaban un tipo de teleología cósmica, la existencia de una fuerza interna evolutiva dotada de un propósito. El paleontólogo W. Haacke (1893) empleó el término “*ortogénesis*” para la evolución no adaptativa en una sola dirección, idea popularizada por Theodor Eimer. El paleontólogo Leo S. Berg hablaba de la “*nomogénesis*”, Henry Fairfield Osborn (1857-1935) de “*aristogénesis*”, Daniele Rosa (1857-1944) de “*hologénesis*”. Entre los filósofos, Henri Bergson (1859-1941) se refería al “*élan vital*”, Hans Driesch (1867-1941) a la “*entelequia*”, Pierre Lecomte du Noüy al “*telefinalismo*”. El paleontólogo, filósofo y sacerdote jesuita Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955), que adoptó el término “*ortogénesis*”, creía que la evolución se dirige hacia el “*punto Omega*” mediante la ley de la complejidad-conciencia: “*El hombre, no ya dentro del Universo, como lo habíamos creído ingenuamente, sino, lo que es mucho más hermoso, él mismo como flecha ascendente de la gran síntesis biológica. El Hombre, constituyendo por sí solo la recién nacida, la más nueva, la más complicada y la más matizada de las Capas sucesivas de la Vida*” (De Chardin, 1965, pág. 270). La supuesta tendencia evolutiva se consideraba como extensión de una fuerza inductora del desarrollo embrionario (Bowler, 1985, pág. 62). Así lo plantearon el editor Robert Chambers (1802-1883), y los paleontólogos Edward Drinker Cope (1840-1897), Alpheus Hyatt (1838-1902) y Daniele Rosa (1857-1944), que escribió: “*Cada especie está predeterminada en la precedente, como un individuo lo está en el huevo*” (Rosa, 1918, pág. 1), “*La evolución filogenética no está determinada por influencias accidentales, sino que forma parte integrante de la vida, tanto como la evolución individual*” (Rosa, 1918, págs. 1-2), “*Cada especie es como un huevo, y debe dar origen a ciertas y determinadas especies y no a otras*” (Rosa, 1918, pág. 192).

Algunos investigadores o filósofos de la Ciencia aceptan el uso de la teleología en la biología o en la enseñanza de la biología (Zohar y Ginossar, 1998). En la discusión acerca de si son razonables en biología los planteamientos teleológicos, debe aclararse que se dan diversos significados a este término. Ya hemos mencionado la carta que Karl Marx escribió al político alemán Ferdinand Lassalle en la que se asegura que la teoría de la selección natural de Darwin “*da aquí por primera vez el golpe de gracia a la “teleología” en las ciencias naturales*”. Sin embargo, el botánico estadounidense Asa Gray (1810-1888) publicó en 1874 en la revista *Nature* el artículo “*Charles Darwin*”, en el que dice: “*Reconozcamos el gran servicio que Charles Darwin ha hecho a la ciencia natural trayendo a ella de nuevo la teleología; de tal modo que en lugar de morfología versus teleología, tendremos a la morfología casada con la teleología*” (Darwin, 1977, pág. 486, nota 263). Charles Darwin le agradeció sus palabras: “*Lo que dice Usted sobre la teleología me gusta especialmente, y no creo que nadie haya caído en la cuenta de ello. Siempre dije que usted era un hombre que sabe poner el dedo en la llaga*” (Ibíd., pág. 419).

Thomas H. Huxley (1873, pág. 305) escribió “*...quizás el servicio más notable que haya aportado Mr. Darwin a la filosofía de la biología sea la reconciliación de la teleología y la morfología, así como la explicación de los hechos de ambas que ofrecen sus ideas*”. Sin embargo, en una obra posterior, el mismo escritor expresa: “*La doctrina de la evolución es el oponente más formidable a todas las formas más comunes y vulgares de la Teleología... La Teleología que supone que el ojo, tal como lo vemos en el hombre o en uno de los vertebrados superiores, fue creado con la estructura precisa que muestra, para el propósito de permitir ver a los animales que lo poseen, ha recibido indudablemente su golpe mortal*” (Huxley, 1888, pág. 201). Francisco J. Ayala (1989, pág. 156) opina que Darwin “*introdujo la perspectiva teleológica de la naturaleza en el ámbito de la ciencia, substituyendo la teleología teológica por la científica*”.

Se puede aceptar la teleología y sin embargo estar en desacuerdo con posiciones filosóficas finalistas que invoquen fuerzas internas o misteriosas hacia la perfección y en desacuerdo con la existencia de una escala progresiva de los seres. La simple idea de “*adaptación*” sugiere un pensamiento teleológico, porque implica un propósito, un diseño que favorece la supervivencia o la reproducción, aunque no es teleológica en el sentido de intencionalidad. Elliott Sober (1996, pág. 144) argumenta que Darwin no desterró las ideas teleológicas de la biología, pero mostró cómo pueden hacerse inteligibles desde un punto de vista naturalista, da sentido a la idea de que solo algunos efectos de un mecanismo son funciones de tal mecanismo, y muestra cómo asignar una función a un objeto, lo que no implica un antropomorfismo ilícito.

Para evitar confusiones, C. S. Pittendrigh (1958) sugirió utilizar el término “*teleonomía*” para explicar los sistemas biológicos que realizan una determinada función sobre una base fisicoquímica. Theodosius Dobzhansky y cols. (1980, págs. 96-97; 497-502) señalan que la selección natural es la causa de una *teleología interna o natural*, propia de los seres vivos, que se ha acumulado durante la historia de los linajes. Reconocen una diferencia entre esta teleología y la *teleología externa o artificial*, que poseen los objetos diseñados conscientemente por el ser humano con un determinado propósito. Dentro de la teleología natural distinguen dos tipos: la determinada o necesaria (por la que se alcanza un estado final específico a pesar de las fluctuaciones ambientales, por ejemplo el desarrollo desde el gameto hasta el adulto) y la indeterminada o inespecífica, que se produce en los casos en que el estado final es el resultado de la selección de una entre diversas alternativas, lo cual corresponde al proceso evolutivo mediante selección natural. El filósofo de la biología Michael Ruse (1979, pág. 235) también concuerda en que las adaptaciones biológicas son teleológicas, porque por ejemplo los ojos son anteriores a la visión, y la causan, lo cual no significa que en la Biología tengan cabida las causas futuras.

### 17.3.6. La evolución como un proceso ordenado y progresivo

A partir de visiones teleológicas y finalistas, en la biología evolutiva suelen deslizarse conceptos subjetivos de “*orden*”, “*dirección*”, “*progreso*”, “*perfección*” o “*tendencia*”, lo cual produce una visión sesgada del proceso. Estos conceptos resultan vagos en biología y llevan implícito un modelo de organismo ideal, perfecto, al que tendería la evolución. Se atribuye a los organismos una tendencia evolutiva basada en el mejoramiento o la supervivencia (Grau y De Manuel, 2002). Según un estudio de Clough y Wood-Robinson (1985), dos tercios de los alumnos de entre 12 y 14 años encuestados y 50% de los de 16 años, entregaban explicaciones teleológicas para ejemplos de adaptación, un 10% de la muestra entregaba explicaciones científicamente aceptables, y los demás redefinían el problema tautológicamente. En Brasil (Bizzo, 1994), los estudiantes consideraron a la evolución como un cambio progresivo, que interpretaron como progreso, mejoramiento y crecimiento. Interpretaron a la evolución como una escala, con los virus en el inicio y los seres humanos al final. Como de acuerdo con esta concepción la “*meta*” de la evolución es el surgimiento de seres humanos, opinaron que la evolución está concluida. La relación entre evolución y progreso está incorporada en la conciencia colectiva, Stephen Jay Gould ha recopilado abundante iconografía que muestra este supuesto desarrollo evolutivo unidireccional hacia el humano actual de raza blanca, en anuncios, historietas e ilustraciones en libros de divulgación científica (Gould, 1991, págs. 17-44).



La idea de organismos “*más evolucionados*” o “*superiores*” se encuentra bajo distintas formas en libros de texto (González y Tamayo, 2000; Querol, 2001), incluso en palabras de algunos científicos. En algunos países, por ejemplo Brasil, en primero y segundo grados se enseña la evolución biológica en forma cronológica a través de la serie de los vertebrados: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, culminando con el ser humano, lo cual induce a los alumnos a concluir que el proceso ocurre linealmente en sentido inferior a superior (Bauermann y cols. 1989), y a menudo los textos de estudio utilizan al ser humano como referente de perfección (De la Gándara y Gil, 1995, pág. 39).

La idea de la existencia de una gran cadena o “*Escala de la Naturaleza*” (*Scala Naturae*), derivada de la noción platónica de la plenitud cósmica y de la doctrina de las jerarquías de Aristóteles, convergió en la idea de la “*Gran cadena de los Seres*” (Lovejoy, 1936; Collingwood, 1960), aceptada hasta entrado el siglo XVIII. Esta idea fue desarrollada por el filósofo Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), por el naturalista y filósofo suizo Charles Bonnet (1720-1793) y por el filósofo francés Jean Baptiste C. Robinet (1735-1820), que consideraban que una “cadena” conecta secuencialmente desde los minerales hasta el ser humano, como consecuencia de un principio activo inherente a la materia (Smith, 1977, págs. 324, 337; Harris, 1985, págs. 154-155; Papp, 1993, 261). Esta idea fue aceptada en Alemania por los filósofos de la escuela de la *Naturphilosophie* o “filosofía natural” (Strickberger, 1993, págs. 5-6), tales como Johann Gottfried von Herder (1744-1803) y Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832).

En Estados Unidos, paleontólogos como Jean Louis Agassiz (1807-1873), antievolucionista de origen suizo, y Edward Drinker Cope (1840-1897), lamarquista, asumieron el perfeccionamiento gradual de los seres vivos (Rudolph y Steward, 1998, pág. 1072). Para Edward D. Cope, la progresión desde las formas más simples a las más complejas o superiores se debería a una fuerza interna en las especies, “fuerza de crecimiento” (*bathmism*) o “cinogénesis”, paralela al desarrollo embrionario, que adaptaría la morfología de los individuos a sus nuevos hábitos, y los cambios se acumularían a lo largo de las generaciones, lo que las llevaría a un proceso evolutivo dirigido linealmente (Bowler, 1985, págs. 141-142). En cambio, Jean Louis Agassiz planteaba que los organismos tienden a hacerse cada vez más complejos y mejor adaptados a su medio ambiente a lo largo del tiempo, progreso que sería el resultado de sucesivas creaciones independientes y sucesivas extinciones, dentro de un plan deliberado de origen divino (Castrodeza, 1988, pág. 20; Richards, 1998, pág. 140).

Las ideas acerca de la direccionalidad y del progreso evolutivo han sido ampliamente analizadas, apoyadas o cuestionadas (véase, por ejemplo, Simpson, 1961, págs. 170-197; Padoa, 1963, págs. 266-268; Huxley, 1965, págs. 530-551; Thoday, en Barnett y cols., 1966, págs. 183-208; Brncic, 1978, págs. 13-20; Dobzhansky y cols. 1980, pág. 505-508; Ayala, en Ayala y Dobzhansky, 1983, págs. 431-451; Castrodeza, 1988; Barja de Quiroga, 1993; Wagensberg y cols., 1998; Doménech, 1999, págs. 14-25). La existencia de una “*dirección*” en la evolución implica series de cambios en una secuencia lineal en relación con alguna característica o propiedad. Esta idea ha estado presente, consciente o inconscientemente, en la mente de casi todos los biólogos evolucionistas, aunque a menudo formalmente se le haya negado. Jean Lamarck lo dijo claramente: “*La Naturaleza, al producir sucesivamente todas las especies de animales y comenzando por los más imperfectos ó los más simples, para terminar su obra por los más perfectos, ha complicado gradualmente su organización,...*” (Lamarck, 1986, págs. 192-193).

Sin embargo, no es fácil de determinar el concepto de “*progreso evolutivo*”, y al respecto un mismo autor suele entregar ideas aparentemente contradictorias. Según Julian Huxley (1965, pág. 530), existe una gran confusión en relación a este tema, confusión que parece ser mayor entre los biólogos profesionales que entre los profanos. A pesar de que muchos investigadores actuales dicen que deben rechazarse las ideas de “*progreso*”, “*superioridad*” o de “*perfección*” asociadas a la evolución biológica, no solamente las aceptaron los partidarios de la ortogénesis o de la evolución teísta, sino también algunos de los más destacados evolucionistas ortodoxos, como Ernst Haeckel, que pensaba que la evolución conduce inevitablemente a una mayor complejidad.

Autores más recientes manifiestan ideas de progreso evolutivo, por ejemplo John Lewis (1968, pág. 23), que escribe: “*Indudablemente, existe un progreso en el desenvolvimiento de la vida en nuestro planeta*”. Diether Sperlich, especialista en genética y evolución de la Universidad de Tubinga, opina en una entrevista que “*Darwin fue el primero, o por lo menos el más importante, en desarrollar una teoría que demostraba que la vida había surgido gradualmente sobre la Tierra y que los seres vivos se habían desarrollado, de acuerdo con un proceso evolutivo, a partir de formas inferiores hacia formas superiores*” (Lobo, 1975, pág. 9). El biólogo francés Charles Devillers, profesor honorario de la Universidad de Paris-VII y el paleontólogo Jean Chalin, director de investigación del CNRS, escriben: “*La andadura global de la evolución se traduce en un aumento de la complejidad, una complejización estructural y funcional de los organismos, desde las bacterias, las primeras que aparecieron, hasta las formas más elaboradas como los moluscos, los insectos y los vertebrados*” (Devillers y Chaline, 1993, pág. 22).

Si bien en esta frase no se habla de un proceso unidireccional, y en el mismo texto se asegura que la evolución no se dirige hacia un fin (pág. 24), el texto establece claramente la idea de progreso, de complejización. Theodosius Dobzhansky (1970, pág. 391) afirma que *“que ha habido progreso en la evolución es intuitivamente evidente”*, y Ernst Mayr (1998, pág. 214) manifiesta que *“casi todos los darvinistas han percibido un elemento progresivo en la historia de la vida sobre la Tierra...”*. Un texto básico acerca de las Teorías de la Evolución lleva como subtítulo *“Cómo progresa la vida”* (Porro, 2002).

Dada la complejidad del tema y los diversos aspectos que pueden considerarse, las ideas de muchos científicos han sido a veces consideradas como favorables o como contrarias a la idea del progreso evolutivo. Por ejemplo, Burnie (2000, pág. 91) manifiesta que Thomas H. Huxley fue el responsable de la extendida idea de que “evolución” es sinónimo de “progreso”, según lo cual el ser humano es su último producto. Sin embargo, Castrodeza (1988, pág. 23) considera a Thomas H. Huxley como ejemplo de los evolucionistas que no participan de la creencia en el progreso, y Richards (1998, pág. 170) manifiesta que *“Huxley detestaba la idea de progreso en la naturaleza precisamente porque casi siempre conducía a supuestos acerca del entrometimiento divino en el mundo natural”* (En este caso probablemente no se trata de una posición ambigua de Thomas H. Huxley, sino que aparentemente Burnie lo confunde con su nieto, Julian S. Huxley). A Charles Darwin se le ha considerado como contrario a la idea del perfeccionamiento evolutivo. Por ejemplo, Prenant (1940, pág. 115) escribe: *“Darwin ha combatido siempre el finalismo, a despecho de lo que parezcan significar ciertas expresiones. No admitía siquiera que la evolución entrañase forzosamente un progreso y aclaró bien lo que debe entenderse por “progreso” y por “organización elevada”. No se trata pues, de una “tendencia hacia lo mejor” ni nada semejante”*. De igual manera, Gould (1983a, pág. 37) opina que Darwin *“rechazaba explícitamente la común ecuación de lo que hoy en día denominamos evolución con cualquier noción de progreso”... “se sentía incómodo con la idea de progreso inevitable inherente a su significado vernáculo”*.

Efectivamente, Darwin estaba consciente de la dificultad de comparar estructuras muy diferentes de organismos pertenecientes a distintos grupos taxonómicos. El 18 de febrero de 1860 escribió una carta a Lyell en la que expresa: *“Estoy de acuerdo con Usted cuando dice que el progreso no es sino ocasional y que la regresión no es rara; solamente dudo mucho de que, en el reino animal, la regresión sea común”* (citado por 1940, pág. 116). En una página de un ejemplar del libro *Vestiges of the Natural History of Creation*, publicado anónimamente por Robert Chambers, escribió con un lápiz: *“jamás uses las palabras superior e inferior”* (Bowler, 1995, págs. 127-128).

Su libro “*Expresión de las emociones en los animales y el Hombre*” iba a ser titulado originalmente “*Expresión de las emociones en el Hombre y los Animales inferiores*”, pero antes de enviarlo a la imprenta, Charles Darwin tachó el manuscrito eliminando el término “*inferiores*” (Milner, 1995, pág. 307).

Otros autores, en cambio, interpretan las ideas darwinianas como favorables al progreso (Thoday, en Barnett y cols., 1966, págs. 182-208; Doménech, 1999, pág. 15), recordando que Charles Darwin escribió: “*La selección natural obra exclusivamente mediante la conservación y acumulación de variaciones que sean provechosas en las condiciones orgánicas e inorgánicas a que cada ser está sometido en todos los períodos de su vida. El resultado final es que todo ser tiende a perfeccionarse cada vez más en relación con sus condiciones. Este perfeccionamiento conduce inevitablemente al progreso gradual de la organización del mayor número de seres vivientes en todo el mundo*” (Darwin, 1977a, pág. 150). Sin embargo, aunque Darwin dice aceptar el progreso evolutivo, expresa algunas objeciones. En una carta que envió a Joseph Hooker el 27 de junio de 1854, dice: “*En lo referente a la “superioridad” y a la “inferioridad” de los seres, mis ideas son eclécticas y poco claras... En la misma rama, me inclino a pensar que la forma “más elevada” es ordinariamente aquella que ha sufrido la “diferenciación morfológica” más grande a partir del embrión común o del arquetipo de la clase; pero incluso entonces, se ve uno embarazado aquí y allá (como lo ha hecho observar Milne Edwards) por un “desarrollo retrógrado” es decir, cuando el animal adulto posee órganos menos numerosos e importantes que su propio embrión... La especialización de las partes para funciones diferentes, o “la división del trabajo fisiológico” de Milne Edwards... es la mejor definición*” (reproducida por Prenant, 1940, pág. 116, y en Richards, 1998, pág. 157). En “*El Origen de las Especies*”, a continuación del párrafo mencionado precedentemente (Darwin, 1977a, pág. 150), advirtió: “*Pero entramos aquí en un asunto muy intrincado, pues los naturalistas no han definido a satisfacción lo que se entiende por progreso en la organización*”.

Existen varios conceptos relacionados con la idea de progreso, y un investigador puede estar de acuerdo con determinados aspectos y no con otros, de allí la posible confusión. Se entiende que “*progreso*” implica un cambio prolongado y en sentido positivo. La evolución incluye, por supuesto, cambios prolongados, pero el punto de discusión es bajo qué circunstancias y en qué sentido tales cambios pueden considerarse positivos. Si un cambio evolutivo produce la extinción de una especie, evidentemente el resultado no es positivo para tal especie y es difícil afirmar que pueda serlo para el conjunto de los organismos de su ecosistema. Un aspecto importancia se refiere al sentido en el que se produce la evolución.

Antiguos filósofos o naturalistas partidarios de la idea de la “Gran Escala de la Naturaleza” consideraban a los cambios evolutivos como lineales, unidireccionales y ascendentes, la evolución ocurriría en una sola línea recta. El transformismo lamarquiano suponía el perfeccionamiento independiente de líneas evolutivas sin un origen común (Ridley, 1987, pág. 14; Ridley, 1996, pág. 7). Charles Darwin, en cambio, presentó a la evolución como una sucesiva ramificación de líneas evolutivas a partir de un origen común. Si bien de acuerdo con las ideas de Darwin pueden aceptarse algunos aspectos de “progreso” en la evolución biológica, está claro que estas ideas eliminan el concepto de fines trascendentes, es decir fines que tiendan hacia un estado final deseable, como suponían algunos ortogeneticistas.

Aunque muchos biólogos e historiadores de las ciencias plantean que la concepción ramificada de la evolución biológica excluye la concepción de progreso o perfeccionamiento, ello no es necesariamente así (Richards, 1998, pág. 157). El progreso podría darse paralelamente en las diversas líneas evolutivas y producirse un progreso global. Stephen Jay Gould reproduce los esquemas de diferentes libros de texto de estudio o divulgación científica que representan árboles genealógicos. En todos ellos se trata de entregar una representación objetiva del curso de la evolución biológica y corresponden a un mismo modelo general: las ramas se dirigen hacia fuera y arriba, si algunas mueren pronto se equilibran con las divisiones de otras, de modo que la evolución se desarrolla bajo la forma de un embudo o cono que se expande progresivamente (Gould, 1991, págs. 34-37).

En ciertos libros encontramos incluso árboles genealógicos aún más claramente finalistas, ya sea muy asimétricos, con ramificaciones progresivamente más cortas en un sentido (por ejemplo, el árbol genealógico de los primates según H. Weinert, reproducido por Wendt, 1958, pág. 471, por Schenk, 1963, pág. 90 y por Crusafont, 1969, pág. 69), o bien excesivamente simétricos y con un eje central que va hacia el ser humano (por ejemplo los esbozos de árboles genealógicos dibujados por Haeckel y reproducidos por Wendt, 1958, pág. 300; por Kardong, 1999, pág. 21 y por Ruse, 2001, pág. 77; o los esquemas de Teilhard de Chardin, 1957, pág. 78, y 1958, pág. 290).

Uno de los fundadores del sinteticismo, Sir Julian Sorell Huxley (1887-1975) fue un decidido partidario del progresionismo. Según Michael Ruse (2001, pág. 113), *“Pero lo anterior, y todo lo demás, empalidecía en comparación con la fuerza principal que motivaba a Huxley: nuestro viejo amigo el progreso. Con la posible excepción de Herbert Spencer, nadie en toda la historia del evolucionismo ha mantenido un progresionismo más apasionado que Julian Huxley. Lo vivía, lo respiraba, hablaba de él y escribió al respecto muy largo y tendido”*.

En *“La Evolución, síntesis moderna”*, Julian Huxley escribió: *“Las direcciones seguidas en la radiación adaptativa no parece que presenten dificultades al seleccionista, y es difícil comprender por qué han sido consideradas como prueba de ortogénesis no adaptativa e internamente determinada. Cuando son auténticamente funcionales y conducen al mejoramiento en la base mecánica o nerviosa para alguna forma particular de vida, conferirán ventajas a sus poseedores y quedarán bajo la influencia de la selección. Una ligera reflexión mostrará que tal selección continuará empujando al tronco más y más siguiendo una línea del desarrollo hasta que se haya alcanzado un límite”* (Huxley, 1965, pág. 470).

Sir Julian Huxley aceptaba el progreso evolutivo como mejoramiento, perfeccionamiento de la organización de los seres vivos que les permite aumentar su intervención sobre el ambiente con independencia de los cambios que se operan en tal medio. En su opinión, el progreso evolutivo es un hecho esencial, pero limitado a algunos troncos, contingente, de ninguna manera inevitable (Huxley, 1965, págs. 530-551). A partir de la consideración de las diferencias entre los grupos dominantes de animales y sus contemporáneos, en distintas épocas, Julian Huxley, deduce tres aspectos principales o grandes tendencias progresivas: adaptación creciente a los aspectos más generales del medio, independencia creciente frente al medio o mayor capacidad de mantener condiciones internas cualquiera sean las externas, y creciente velocidad del cambio evolutivo. J. M. Thoday (en Barnett y cols., 1966, pág. 186) opina que la debilidad de la opinión de Huxley es definir lo *“progresivo”* de acuerdo a lo parece y piensa que ha ocurrido en general, incluso aunque no siempre haya sucedido. A veces se afirma que los cambios evolutivos son direccionales o progresivos porque son irreversibles, sin embargo la dirección es mucho más que irreversibilidad, porque por ejemplo los cambios en las cartas de un naipe barajado al azar son irreversibles, pero no direccionales (Dobzhansky y cols. 1980, pág. 506).

Hay quienes argumentan que la direccionalidad y del progreso evolutivo pueden objetivarse mediante determinación del incremento del grado de complejidad, porque existen organismos modernos más complejos que otros más antiguos y primitivos, por ejemplo los mamíferos respecto a las bacterias. Este argumento es discutible por varios motivos. Por ejemplo, evidentemente un mamífero tiene un alto número de células eucarióticas con diversas formas de especialización, organizadas en tejidos, órganos, aparatos y sistemas; en cambio una bacteria es una sola célula procariótica. Sin embargo, en su fisiología y metabolismo celular, las bacterias tienen una maquinaria bioquímica más compleja que las células de los mamíferos, siendo capaces de efectuar numerosas vías de síntesis de substancias que no pueden realizar estos últimos (Lewontin, 1968, pág. 204).

Como los huéspedes solucionan necesidades fisiológicas de los parásitos y éstos viven en condiciones uniformes, la evolución hacia la especialización parasitaria obligada produce procesos regresivos que simplifican la estructura corporal: los órganos locomotores y sensoriales se reducen o desaparecen, el sistema nervioso se simplifica; en los endoparásitos, especialmente intestinales, se pierden las estructuras digestivas al especializarse en absorber nutrientes por la piel (Dobzhansky, 1970, págs. 405-440; Ruppert y Barnes, 1996, pág. 211-213; Díaz y Santos, 1998, pág. 114). Un caso típico es la saculina, especie de saco amorfo relleno de productos sexuales que se engancha al abdomen de los cangrejos, cuya larva permite reconocer que es un crustáceo cirrípedo fuertemente simplificado (Devillers y Chaline, 1993, págs. 110-112). Por otra parte, tampoco podemos decir que la evolución en los parásitos sea absolutamente regresiva: dada las dificultades de localizar nuevos huéspedes, la evolución del parasitismo generalmente incrementa la complejidad de los ciclos reproductivos (Parker, Chubb, Ball y Roberts, 2003), muchas veces con diversidad de formas larvarias, y se especializa el aparato reproductor, desarrollando estructuras especializadas y produciendo una alta cantidad de gametos. También pueden evolucionar estructuras tales como ventosas y ganchos, y especializaciones tegumentarias que protegen de los jugos digestivos y las defensas inmunitarias del huésped. De modo que en estos casos se produce simultáneamente una evolución regresiva y una evolución progresiva. Se ha propuesto considerar al parásito obligado como parte de una unidad evolutiva formada por el conjunto parásito-huésped, la que evoluciona en forma progresiva (Castrodeza, 1988, pág. 98).

A menudo se afirma que el ser humano representa “*la cima de la evolución*”, que es el “*organismo superior*” o “*el más evolucionado*”, por su tecnología, su lenguaje o su inteligencia. Hay biólogos que han defendido esa idea, por ejemplo Emil Zuckerkandl (1976, pág. 387) expresa respecto al hombre: “*es en algún sentido el más evolucionado, a pesar de esos hipocondríacos filósofos que niegan que este enunciado pueda ser objetivo*”. Julian Huxley, escribe: “*En cada época geológica de la que tenemos conocimiento, hubo tipos a los que podía considerarse dominantes biológicamente... hoy existe acuerdo general en el sentido de que el hombre es el único tipo que merece ese título... Así, la biología reinstala al hombre en una posición análoga a la que le confirió la teología, la del Señor de la Creación*” (Huxley, 1967, págs. 10-11). “*El hombre representa la culminación de ese proceso de evolución orgánica que se ha desarrollado en este planeta durante más de mil millones de años. Pero este proceso, por cruel y agotador que haya podido ser, y por numerosos que hayan podido ser los callejones sin salida a los que llevó, es también progresivo en un aspecto. El hombre se ha convertido en el único representante de la vida en ese aspecto progresista, y en el único fideicomisario del progreso futuro*” (Huxley, 1967, pág. 34).

Muchos biólogos critican que se ha partido de la premisa de que el ser humano es la culminación de la evolución para luego buscar los rasgos que justifiquen la aseveración. Como alguien ha dicho, para un pulpo inteligente “*probablemente un ser de ocho brazos probablemente sería más perfecto que uno de dos*” (Margulis y Sagan, 1996, pág. 124). Gustavo Barja de Quiroga (1993, pág. 117) comenta que la inteligencia no es un criterio objetivo, de lo contrario podría esperarse que las medusas se hubiesen extinguido, debido a su “estupidez” casi absoluta. Argumenta que si se selecciona una serie de características diversas como criterio de progreso, las especies que hubiese que considerar “*reyes de la creación*” serían igualmente diversas: el guepardo por su velocidad en tierra, ciertos moluscos por su capacidad de contracción muscular sostenida, los insectos por su tasa metabólica, etc. Michael T. Ghiselin (1983, pág. 89) comenta: “*Aunque con relación al pájaro el hombre tiene una capacidad “mejor” para razonar, y quizás unas costumbres menos despilfarradoras al criar su descendencia, es inconfundiblemente inferior en la estructura de sus pulmones y otros muchos órganos. Pero, para complicar el problema, hay que observar que las aves “necesitan” pulmones especialmente efectivos debido a las demandas de oxígeno impuestas por el vuelo*”. Si comparamos a los humanos con los caballos y a ambos con mamíferos ancestrales (los últimos antepasados comunes que divergieron hacia los primates y los perisodáctilos), podemos concluir que nuestro cerebro ha sufrido transformaciones mucho mayores, pero nuestras extremidades siguen manteniendo a estructura básica con cinco dedos y apoyo plantar (plantigradía), mientras en el mismo tiempo los miembros de caballos y especies similares se han modificado enormemente, reduciendo el número de dedos y apoyándose sobre el extremo del dedo medio (unguligradía).

En otras palabras, la transformación de cada órgano es independiente, la evolución se produce “*en mosaico*” y es absurdo hacer un cálculo de “*perfección*” promediando el conjunto de todas las estructuras, que tienen cualidades no comparables entre sí. Por otra parte, a quienes aseguran que el ser humano es la culminación de la evolución, se les ha replicado que en tal caso habría que concluir que el pináculo evolutivo está representado por el *Pediculus humanus*, el piojo corporal adaptado a vivir exclusivamente sobre el ser humano (Coyne, 2001).

Para evitar caer en la subjetividad, Barja de Quiroga sugiere considerar como criterios objetivos de progreso alguna característica que en la mayoría de los grupos de organismos haya tendido a aumentar evolutivamente, y propone cuatro de ellas (Barja de Quiroga, 1993, págs. 117-124): aumento de la biomasa, aumento de la diversidad de especies, aumento del número de individuos y ocupación de habitats distintos.



Aplicando cualquiera de estos cuatro criterios la especie humana, o los mamíferos, grupo al que pertenecemos, no ocupa algún lugar especial entre los seres vivos de nuestro planeta.

Para estimar si se ha producido progreso debe conocerse la antigüedad de los distintos grupos, pero no hay forma de inferir lógicamente el mayor o menor tiempo de aparición de los organismos actuales que viven exitosamente en medios diferentes y exclusivos. Por otra parte, no se puede establecer objetivamente a qué nivel taxonómico debe considerarse la antigüedad de un determinado tipo de organismo. Por ejemplo, respecto a la antigüedad del ser humano, ¿hay que considerar la aparición de la especie *Homo sapiens*, la del género *Homo* o la de la familia Hominidae?. ¿Cómo saber si hay equivalencia real entre los mismos niveles taxonómicos en organismos de distintos grupos?.

Hay que considerar que las atribuciones de las agrupaciones de organismos a determinados niveles taxonómicos son en gran medida convencionales, puesto que diversos especialistas manifiestan opiniones diferentes para un mismo grupo taxonómico. Por ejemplo, el género *Felis* para algunos especialistas incluye a todos los gatos pequeños, otros lo limitan al gato doméstico y a unas pocas especies más y excluyen de este grupo a diversos gatos silvestres que para otros investigadores son subgéneros de *Felis* (*Oreailurus*, *Lynchailurus*, etc.), otros en cambio incluyen a todos los “gatos” pequeños más el puma, o más el puma y los linceos, etc.

De acuerdo con una opinión, la direccionalidad evolutiva podría deducirse del incremento paulatino de la información genética. Sin embargo, este planteamiento es altamente especulativo. En primer lugar, no todo el ADN celular es informativo y no hay forma de apreciar cuánta es la cantidad real de información contenida en una molécula de ADN. La cantidad de ADN varía entre organismos de un mismo grupo taxonómico, e incluso en células diferentes de un mismo organismo, y se relaciona con la capacidad de síntesis proteica.

Diversos genes pueden encontrarse en distinta cantidad de copias, según si la proteína codificada es más o menos abundante, y proteínas diferentes pueden requerir segmentos mayores o menores de ADN para su codificación. ¿Quién puede decir si una u otra proteína de un organismo es “superior” a la de otro, lo cual se refleja en genes diferentes?. Aplicando este criterio, los organismos poliploides serían “superiores” a los diploides de la misma especie, y los individuos con síndrome de Down por trisomía 21 “superiores” a los normales.

Otra medida de direccionalidad evolutiva que se ha propuesto es la tendencia hacia una mayor homeostasis. De acuerdo con este planteamiento, la evolución biológica tendería al equilibrio, de modo que, por ejemplo, los mamíferos y las aves lograrían cierta independencia respecto a los cambios ambientales de temperatura mediante la endotermia y la homeotermia (temperatura interna mediante producción de calor metabólico y mantenida en un nivel constante). Se plantea, por ejemplo, que los organismos que pueden regular su temperatura interna son más independientes de los cambios ambientales que quienes no pueden hacerlo, y la evolución biológica tendería a producir esta independencia. Sin embargo, comparando la fisiología animal de distintos organismos, Gustavo Barja de Quiroga (1993) concluye que la ectotermia y la endotermia son solo formas diferentes de solucionar un problema, sin que sea objetivo calificarlas de “inferior” o “superior”. Respecto a las fuentes de energía y nutrientes, los organismos autótrofos son más independientes que los heterótrofos, y respecto al oxígeno ambiental las bacterias aerobias facultativas tienen mayor independencia que los anaerobios y que los aerobios estrictos. Si se amplía el concepto de la homeostasis a la posición de los organismos dentro de los ecosistemas, se concluye que los equilibrios naturales solamente son estables dentro de un determinado marco espacio-temporal. Los ecosistemas, al igual que las especies, se extinguen y son reemplazados, no existe ningún parámetro objetivo para asegurar que la homeostasis de comunidades pasadas fuese menor que la de las actuales.

En secuencias fósiles pueden encontrarse “*tendencias evolutivas*”, cambios persistentes en cierta característica en una determinada línea evolutiva. Para verificar si corresponden a una tendencia real y no el efecto del azar, existen tests probabilísticos de análisis de tendencias. Se han formulado varias “leyes” paleontológicas sobre la base de estas supuestas tendencias, por ejemplo la ley de Cope del aumento del tamaño corporal, la ley de Dollo o de la irreversibilidad evolutiva, la ley de Déperet o de la especialización progresiva, la ley de Williston o de la disminución del número y especialización de las partes. La “*ley de Cope*”, según la cual las especies tienden a crecer gradualmente, es el ejemplo mejor conocido, por lo cual lo vamos a revisar con mayor detención.

Edward Drinker Cope no formuló explícitamente la regla que lleva su nombre, pero la demostró en varios grupos de mamíferos. Mas tarde se comprobó en otros grupos de vertebrados y en invertebrados, tales como cefalópodos, caracoles, equinodermos, foraminíferos (Newell, 1949), sin embargo existen muchas excepciones (Simpson, 1985, pág. 154; Ridley, 1987, pág. 163). Esta supuesta “ley” se aplica aproximadamente a dos tercios de los casos, y aparentemente sus defensores han seleccionado los casos que se ajustan a ella.

Por ejemplo, en el conocido caso de la evolución de la familia del caballo y las cebras, los équidos, desde *Hyracotherium* a *Equus*, según Simpson el aumento de tamaño no ocurrió en absoluto durante el primer tercio de la historia del grupo, se produjo irregularmente a distintas velocidades y en distintos grados, en uno de los linajes se produjo una tendencia hacia el mayor tamaño durante unos 30 millones de años, seguida por una tendencia a la reducción de tamaño en los 10 millones de años siguientes (Simpson, 1967, págs. 166, 177) y la disminución de la talla se produjo al menos en tres líneas evolutivas (*Archaeohippus*, *Nannipus*, *Calippus*) dentro de la misma familia (Simpson, 1961, págs. 46-47).

Como tendencia general, la “ley” de Cope puede tener cierta validez, porque la selección natural puede favorecer el aumento de la talla. Por ejemplo, los individuos de mayor tamaño de una determinada especie tendrían más posibilidades de vencer a sus conespecíficos más pequeños en la competencia por una pareja sexual, los depredadores más grandes tienen mayor éxito en general en capturar a sus presas y los herbívoros mayores están en general mejor protegidos que los menores (“duelo cañón-coraza”), organismos mayores podrían tener cerebros más grandes y por lo tanto ser más inteligentes, podrían vivir más tiempo, o en el caso de las hembras colocar mayor número de huevos o tener mayor número de crías; los organismos homeotermos de mayor tamaño irradian menos calor, por lo tanto tienen proporcionalmente necesidades de alimentación más reducidas (Padoa, 1963, pág. 258; Rosset, en Delaunay y cols., 1969, pág. 111; Jacobs, 1971a, pág. 138; Stanley, 1986, pág. 160; Ridley, 1987, pág. 164). Sin embargo, el gigantismo también presenta inconvenientes: los animales más grandes requieren mayor espacio vital, en ciertos organismos la fecundidad es inversamente proporcional a la talla, la velocidad evolutiva está en función del número de las generaciones que se suceden y las condiciones mecánicas son más estrictas para organismos de talla grande (Rosset, en Delaunay y cols., 1969, pág. 111-112).

Como la selección natural actúa sobre las poblaciones en relación con las condiciones ambientales, en algunos casos es más importante uno de los factores mencionados, en otros casos es más decisivo otro, de modo que en ciertas condiciones se puede favorecer el aumento de tamaño, en cambio en otras condiciones la evolución biológica puede llevar a la disminución del mismo. Por ejemplo, las pulgas de agua y otros crustáceos similares de agua dulce forman parte del plancton que es consumido por muchos peces. Se ha demostrado que los peces prefieren a los bocados más grandes, que pueden ver mejor, de manera que los animales planctónicos grandes son seleccionados negativamente. Pero en laboratorio se ha concluido que los ejemplares de crustáceos mayores producen una mayor cantidad de crías que los más pequeños.

Existen por lo tanto dos presiones selectivas opuestas, de modo que en los lagos pobres en peces predominan las formas planctónicas grandes, en cambio en los que tienen abundancia de peces hay mayor abundancia de formas planctónicas pequeñas (Jacobs, 1971, págs. 105-106). En ambientes terrestres con pastizales sometidos a sequías temporales, la escasa hierba puede mantener a poblaciones de roedores pequeños, que requieren poco alimento. Al finalizar la sequía y el alimento abunda, los ejemplares sobrevivientes se reproducen rápidamente y la población se recupera. En cambio, los grandes mamíferos requieren abundante alimento en forma regular, de modo que en los períodos de sequía o emigran o mueren, y dado que tienen típicamente ciclos vitales largos asociados a fases juveniles prolongadas, sus poblaciones se recuperan con mayor lentitud, de manera que la selección natural en esas condiciones ambientales favorece a los mamíferos pequeños (Kardong, 1999, pág. 126).

La interacción entre los factores ambientales y las características de los organismos sobre la evolución de las dimensiones corporales puede demostrarse claramente en las poblaciones insulares (Farb, 1966, pág. 59; Blondel, 1985, pág. 163; McMahon y Bonner, 1986, pág. 12-14; Quammen, 1997, págs. 153-180). En islas oceánicas suelen existir reptiles de grandes dimensiones, a veces considerados gigantes, como las tortugas *Geochelone elephantopus* de Galápagos, las tortugas gigantes *Geochelone gigantea* de Aldabra, en el océano Índico, las iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*, *Conolophus pallidus*) y marinas (*Amblyrhynchus cristatus*) de Islas Galápagos y los “dragones” (*Varanus komodoensis*) de tres metros, de Komodo e islas vecinas (Rinca, Gilimotang, Flores). Otros reptiles insulares mayores que las especies emparentadas continentales son el escinco gigante (*Macroscincus cocteani*) de las Islas del Cabo Verde, el escinco de Telfair (*Leiolepisma telfairii*), de Isla Redonda; el escinco gigante de Bocout (*Riopa bocourti*), de Nueva Caledonia, el mayor gecko del mundo, *Rhacodactylus leachianus*, de Nueva Caledonia y otro gecko grande, el gecko diurno de Gunther (*Phelsuma guntheri*), de la Isla Redonda. Durante el Pleistoceno, existió en Australia el *Megalania prisca*, lagarto emparentado con el dragón de Komodo, pero mayor aún, pues alcanzaba seis metros de longitud.

Hay varias explicaciones para el gigantismo de los reptiles insulares. Se trata de animales que tienen un bajo metabolismo y crecen continuamente durante toda su vida, y en las islas, en ausencia de competidores y de mamíferos grandes, disponen de abundante alimento. Los ejemplares mayores pueden alcanzar y tragar mayor diversidad de alimentos, por lo tanto pueden producir mayor número de huevos o crías y disponer de mayores reservas de grasas, lo cual le permite sobrevivir mejor en las malas temporadas.

Como en las islas no tienen depredadores, no necesitan ocultarse ni ser veloces para protegerse, además es posible que en otros sitios los depredadores capturen a los ejemplares de mayor tamaño, limitando sus dimensiones cuando hay fuerte depredación, lo cual no ocurre en las islas. Por lo tanto, sometidos los reptiles a estas condiciones particulares, la selección natural favorece a los individuos más grandes y hace que muchas especies evolucionen hacia el gigantismo. También existe gigantismo en algunos vegetales, como los cactus *Opuntia* de Galápagos y las coles arbóreas (*Dendroseris*) de Juan Fernández.

El caso de los mamíferos es diferente. Tienen mayores necesidades alimenticias que los reptiles y sus crecimientos son más limitados. Los grandes mamíferos difícilmente pueden arribar a las islas oceánicas. En las islas continentales, los mamíferos que se encontraban cuando la isla formaba parte del continente, al quedar aislados comenzaron a disponer de escaso alimento. Por lo tanto, la selección natural favoreció generalmente la tendencia a disminuir sus dimensiones. Tal es el caso, por ejemplo, de los actualmente extintos elefantes de las islas mediterráneas (*Elephas melitensis*, *Elephas falconeri*), los extintos mamuts enanos de la isla de Santa Rosa, frente a California (*Mammuthus exilis*) y de la isla de Cerdeña (*Mammuthus lamarmorae*), el hipopótamo enano de Chipre (*Hippopotamus minutus*) y el hipopótamo pigmeo de Madagascar (*Hippopotamus lemerlei*), también extintos, los búfalos enanos de la isla de Mindoro (*Anoa mindorensis*) y de la isla Célebes (*Anoa depressicornis*), los ciervos de cola blanca de los Cayos de Florida (*Odocoileus virginianus clavium*), los ciervos sika (*Cervus nippon*) del Japón, la subespecie corsa del ciervo rojo (*Cervus elaphus*), la pequeña raza de renos (*Rangifer tarandus*) de Spitzberg y los tigres de Sumatra, Java y Bali (*Panthera tigris javanica*). En las islas Santa Catalina y Santa Bárbara, en la costa de California, se encuentra la subespecie más pequeña del zorro gris norteamericano (*Urocyon littoralis catalinae*). El caballo (*Equus caballus*), introducido por el hombre, ha formado razas enanas en la isla Sable, Japón, Cerdeña, Islandia y las islas Shetland. Hace unos 100.000 años, debido al ascenso del nivel del mar, quedó aislada una población del alce europeo (*Alces alces*) en la isla de Jersey, en el canal de la Mancha. Tras unos 6.000 años, la isla se conectó nuevamente a la costa y los alces se habían reducido hasta las dimensiones de un perro grande (Boyd y Silk, 2001, pág. 32). Estas tendencias hacia el gigantismo y el enanismo no son, por supuesto absolutas, y pueden encontrarse excepciones. Debido a las reducidas dimensiones de las poblaciones insulares influye fuertemente sobre ellas la deriva génica, que induce cambios no adaptativos al azar, lo cual también podría llevar a favorecer tanto el gigantismo como al enanismo.

La evolución del tamaño corporal, hacia el enanismo o hacia el gigantismo, puede ocurrir mediante desfases del desarrollo (heterocronías), fenómenos en los cuales el desarrollo puede acelerarse o retrasarse, debido a que la selección natural favorece mutaciones en los genes que controlan el desarrollo embrionario. De las seis formas básicas de heterocronías, hay dos que modifican las dimensiones corporales: progénesis e hipermorfosis. En la progénesis o pedogénesis aparece precozmente la madurez sexual, el desarrollo se detiene y se forman adultos con forma y tamaño juveniles. En la hipermorfosis o gerontomorfismo, por el contrario, la madurez sexual se retrasa y el cuerpo continúa creciendo, obteniéndose una morfología hiperadulta y un tamaño mayor (Maynard Smith, 1962, págs. 267-276; Futuyma, 1979, págs. 172-174; Dommergues, David y Marchand, 1986; Devillers y Chaline, 1993, págs. 189-193). Cada vez hay mayores evidencias que estos procesos intervinieron en la evolución de la especie humana (De Beer, 1958; Montagu, 1962; Chaline, 1997, págs. 103-108), especialmente la progénesis, lo cual explica por qué una diferencia mínima en el nivel genético respecto a los chimpancés y gorilas ha producido una divergencia tan grande de tipo estructural. Si se toma al chimpancé común como referencia, el chimpancé enano o bonobo presenta progénesis y el gorila tendencia hipermórfica (Devillers y Chaline, 1993, pág. 297). Desde un ancestro común, ramas de descendiente mantuvieron más o menos sus dimensiones originales, mientras otras se redujeron de tamaño y otras aumentaron sus dimensiones. De modo que en este caso no se cumple la “ley” de Cope.

George Gaylord Simpson ha analizado en qué secuencias paleontológicas, durante cuánto tiempo, y de qué tipo ha existido progreso (1961, págs. 173-196). Entre los criterios señala la dominancia, la invasión de nuevos hábitats, la substitución, los mejoramientos adaptativos, la adaptabilidad y posibilidades de un progreso posterior, la mayor especialización, el control sobre el ambiente, la complejidad estructural, el incremento en la energía o en el nivel de los procesos vitales y el incremento en el margen y variedad de ajustes respecto al ambiente.

En cualquiera de estos sentidos, la selección natural puede producir algún progreso continuo en determinadas secuencias evolutivas y durante un tiempo específico (ortoselección, en lugar de la supuesta ortogénesis). George G Simpson comenta: “*Cualquiera sea el criterio elegido, la historia de la vida nos proveerá con seguridad de ejemplos, no solo de progreso, sino también de regresión o degeneración*” (1961, pág. 174), y añade: “*En resumen, la evolución no está invariablemente acompañada del progreso ni parece que éste sea una de sus características esenciales. En la evolución se halla progreso, pero éste no constituye su fundamento*” (1961, pág. 196).

Otro paleontólogo, Jordi Agustí (1994, págs. 83-101; 2002, págs. 117-138) analiza las tendencias evolutivas en varios grupos, por ejemplo señala que en roedores frecuentemente se produce aumento de talla corporal, altura de la corona dentaria, homogeneización de la morfología dentaria y pérdida de raíces. Concluye que el progreso evolutivo existe y que en su origen podrían encontrarse uno o más de los siguientes mecanismos explicativos propuestos: ortogénesis, ortoselección, gradualismo puntuado o efecto Reina Roja. De ellos, solamente la ortogénesis en su versión original ingenua correspondía a posiciones finalistas teleológicas, la versión actualizada de la misma supone la existencia de limitaciones (constricciones) del desarrollo, y al igual que las otras explicaciones no implica suponer la existencia de fuerzas internas sobrenaturales ni desconocidas.

También se ha señalado la posible existencia de una “inercia” evolutiva, no demostrada, lo cual significaría que habría mayor probabilidad de que las mutaciones se produzcan en la misma dirección que la mutación anterior (Maynard Smith, 1979, pág. 89). Steven M. Stanley (1986, págs. 221-230) propuso la idea de la “*selección de especies*” a favor de las más longevas y con mayor capacidad de especiación. En este caso las especies formadas por individuos de mayores dimensiones originan nuevas especies a mayor velocidad que las formadas por organismos menores, lo cual podría deberse a diferencias en las pautas de distribución de los individuos, que influyen en la especiación.

Sin embargo, cualquier “tendencia evolutiva” es parcial, no aplicable a todos los seres vivos, y es discutible que pueda afirmarse que exista realmente un “*progreso evolutivo*”, como suponen los planteamientos teleológicos, porque para que exista progreso debe existir un mejoramiento (de lo inferior a lo superior, de lo más imperfecto a lo más perfecto), por lo tanto se debe emitir un juicio de valor acerca de lo que es mejor o peor para el organismo.

Cualquiera sea la forma en que se pretenda medir la superioridad de un organismo en relación a otro, el intento está condenado al fracaso porque los diferentes linajes evolutivos de organismos han cambiado de diferentes formas y los diversos sistemas orgánicos de un mismo tipo de organismos se han modificado de diferentes maneras. Para evitar cualquiera interpretación subjetiva en el sentido progresivo, se suelen substituir los términos “inferior” y “superior”, respectivamente por “primitivo” y “derivado”, que aluden solamente a la secuencia de aparición evolutiva.

### 17.3.7. Velocidad evolutiva

Una idea que subyace frecuentemente a las concepciones de posibles tendencias evolutivas unidireccionales y fuerzas internas, en alumnos y adultos, es que la evolución deba ocurrir a una velocidad constante en todos los organismos por igual, y en todas las partes corporales de un mismo organismo simultáneamente. Los antievolucionistas no pueden entender que se acepte la evolución biológica y suelen negarla sobre la base de la existencia actual de numerosos organismos que consideran primitivos, los llamados “fósiles vivientes”. Por ejemplo, entre las “pruebas” contra la evolución, Scott M. Huse (1996, págs. 54-55) afirma: *“Muchos fósiles de plantas y animales hallados en las rocas que se consideran más antiguas, al ser comparados con sus equivalentes vivos, revelan que en esencia son iguales. A pesar de los cientos de millones de años de evolución que supuestamente han transcurrido, el crustáceo língula, la estrella de mar, la cucaracha, la bacteria, etc., son iguales a sus remotos ancestros que, según se afirma, vivieron hace 500, 500, 250 y 600 millones de años, respectivamente”*.

El ingeniero antievolucionista Hans –Joachim Zillmer, que asegura que “Darwin se equivocó” escribe: *“Pero si fuera así la teoría de la evolución de Charles Darwin perdería toda base real, puesto que si dinosaurios y mamíferos vivieron en la misma época no pudo haber evolución y tampoco origen de las especies”* (Zillmer, 2000, pág. 15). Más adelante cuenta: *“A continuación nos dirigimos al Museo de pruebas de la Creación situado fuera de la ciudad. Lamentablemente el Doctor Baugh estaba ausente, porque había emprendido su tercera expedición a las selvas de Nueva Guinea con el objetivo de encontrar dinosaurios vivos o pruebas de su existencia”* (Zillmer, 2000, págs. 29-30). (¡sin comentarios!)

Este mismo prejuicio se esconde tras la pregunta habitual de los antievolucionistas: *“Si el hombre desciende del mono, ¿por qué entonces existen monos vivientes?”* (a lo que dan deseos de responder: *“- y si Usted cree que es hijo de su padre, ¿cómo explica que él esté vivo?”*). Si hacemos una analogía entre la evolución biológica y la evolución tecnológica, las bicicletas son verdaderos “fósiles vivientes” que han cambiado muy poco comparativamente respecto a los automóviles o aviones, por ejemplo. ¿Con qué objeto podría habérseles cambiado si realizan perfectamente sus funciones?. De acuerdo con el pensamiento antievolucionista no se podría explicar que existan avionetas, aviones correo, aviones fumigadores, etc., ¿por qué no hay sólo grandes aviones “más evolucionados” tipo Concorde, si todos derivan del mismo modelo de los hermanos Wright?.



Los procesos evolutivos ocurren bajo la forma de mosaicos. Esto significa que los organismos corresponden a conjuntos bajo la forma de mosaicos de moléculas y estructuras que se han modificado evolutivamente a diferentes velocidades. Algunas moléculas o estructuras se han conservado con pocos cambios, otras han cambiado rápidamente. En la evolución de la familia équidos, a la que pertenecen los caballos y cebras actuales, las extremidades cambiaron considerablemente, desde ancestros con cuatro o cinco dedos funcionales a las formas actuales con uno solo, dientes y cráneos se modificaron menos, y el tamaño relativo del cerebro cambió muy poco. En cambio, en la línea evolutiva humana la evolución de las extremidades ha sido lenta (conservamos los cinco dedos de nuestros lejanos antepasados anfibios) en cambio nuestro cerebro ha aumentado enormemente sus dimensiones. La evolución ocurre en mosaico, porque las distintas moléculas o partes de un mismo organismo se encuentran bajo presiones selectivas de diferente intensidad. La selección natural normalizante o estabilizante no produce cambio evolutivo sino, por el contrario, estabiliza estructuras bien adaptadas.

En los distintos linajes algunas partes cambian rápidamente, otras se modifican despacio y otras casi nada, en relación con sus formas de vida. ¿Quién es más “evolucionado” el ser humano o el caballo?. Según si pensamos en el cerebro o en las extremidades la respuesta es diferente. Que la evolución ocurra en mosaico explica además la “falacia del eslabón perdido” (Kardong, 1999, pág. 675). Los antievolucionistas argumentan que no se conocen los que llaman “eslabones perdidos”, formas de transición que según ellos deberían poseer todos los caracteres intermedios entre el grupo ancestral y el descendiente, por lo tanto descartan a fósiles como *Archaeopteryx*, que presentan mosaicos de caracteres. Por ejemplo, esperan que el supuesto “eslabón perdido” entre el hombre y el antropoide ancestral fuese intermedio en todos los rasgos, pero en realidad el antecesor común de humanos y chimpancés no corresponde a esa suposición, debió presentar un mosaico de caracteres. Los “eslabones perdidos” están condenados a seguir perdidos porque nunca existieron, ... y los más perdidos son los que creen que el concepto de “eslabón perdido” tenga alguna consistencia científica!.

### 17.3.8. Otras concepciones de los estudiantes acerca de la evolución

E. P. Volpe (1984, pág. 435) señala que “*Al principio los estudiantes entran al colegio con nociones vagas e ingenuas acerca de la evolución; ven a la evolución como algo que ocurrió en el pasado remoto*”. Según Jordi de Manuel y Ramón Grau, en alumnos de mayor edad se encuentra una mezcla de ideas relativas al mecanismo de la evolución biológica que incluyen la necesidad, el uso o falta de uso, y la capacidad adaptativa.

Los niños mayores de 13 años suelen tener claro que las características adquiridas no se heredan inmediatamente, pero aceptan que puedan fijarse genéticamente al cabo de varias generaciones durante las cuales los individuos cambian fenotípicamente y no entienden el papel evolutivo de las mutaciones (Engel y Wood, 1985). Margaret N. Brumby sugiere que las deficiencias del razonamiento de los estudiantes con respecto a la evolución parecen "*desarrollarse desde una observación incorrecta inicial de que los individuos pueden cambiar sus características durante el curso de la vida y que este cambio adquirido pasa genéticamente*", y sugiere que este razonamiento científico intuitivo de los estudiantes "*refleja una clase de "teoría de la recapitulación" de la historia del pensamiento científico*" (Brumby, 1984, pág. 500).

Estas ideas sugieren que los estudiantes deben efectuar prácticas para distinguir entre las características que se puede heredar y los rasgos no heredables, adquiridos. Tampoco manejan conceptos matemáticos de azar o probabilidad dentro del contexto evolutivo (Deadman y Kelly, 1978, pág. 10), no solo porque no conocen bien el concepto de azar, sino además por la dificultad para representar mentalmente cifras de enorme magnitud, porque les suele ser difícil comprender la idea del tiempo geológico a escala evolutiva y conceptualizar procesos que a escala humana son imperceptibles (Brumby, 1979, pág. 121; Renner, Brumby y Shepherd, 1981, pág. 23; Sequeiros y Martínez Urbano, 1990, pág. 48; De Manuel, 1996, pág. 123; De Manuel y Grau, 1996, pág. 60; Jiménez 2002, pág. 52).

Los estudiantes necesitan práctica en el razonamiento probabilístico; los problemas de genética utilizados para enseñar la genética mendeliana que muestran proporciones inexactas de descendientes ayudan a que los estudiantes entiendan la naturaleza probabilística de los resultados (Jiménez, 1994). Además, puede ser útil para ayudar a los estudiantes el identificar sus concepciones y compararlas con hipótesis científicas ya desechadas.

Para los alumnos es difícil establecer una relación significativa entre la edad de la Tierra y el proceso evolutivo (Ayuso y Banet, 1999, pág. 191). Además, suelen tener confusiones respecto a la diferencia entre los niveles de los organismos y las especies (Brumby, 1984; Halldén, 1988) o tienen una concepción tipológica de las especies y poblaciones, suponiendo que éstas están formadas por individuos virtualmente idénticos (Hagman, Olander y Wallin, 2002).

De acuerdo con un estudio, entre 7 y 12 años una alta proporción de niños cree en la transmisión de caracteres producidos por el ambiente, hasta los 11 años opinan que la madre contribuirá más que el padre o que los hijos serán intermedios, más tarde aparecerán las explicaciones probabilísticas (Kargbo, Hobbs y Erickson, 1980). Los alumnos más jóvenes manifiestan generalmente que en los vegetales los cambios evolutivos ocurren como consecuencia de la influencia directa de los factores ambientales (lamarquismo) y en el caso de los seres humanos y otros animales creen que las variaciones se relacionan con las características paternas, de manera que la madre tendría una mayor influencia (a veces considerada única) sobre la descendencia, o se asocian los caracteres de las niñas con los de su madre y los de los niños con los de su padre (De Manuel y Grau, 1996, pág. 59; Jiménez, 1996, pág. 37). Otras explicaciones sugieren la “*mezcla de caracteres*” o la idea de que el macho perpetúe sus características “*porque es más fuerte*” (Deadman y Kelly, 1978, pág. 11). Según Jordi de Manuel y Ramón Grau, en alumnos de mayor edad se encuentra una mezcla de ideas relativas al mecanismo de la evolución biológica que incluyen la necesidad, el uso o falta de uso, y la capacidad adaptativa. Los niños mayores de 13 años suelen tener claro que las características adquiridas no se heredan inmediatamente, pero aceptan que puedan fijarse genéticamente al cabo de varias generaciones durante las cuales los individuos cambian fenotípicamente y no entienden el papel evolutivo de las mutaciones (Engel y Wood, 1985)

### 17.3.9. Las concepciones erróneas en los profesores

Por último, en relación con las preconcepciones de los alumnos, hay que tener cierto cuidado en determinar cuáles de ellas son realmente concepciones científicamente erróneas y cuáles no, porque a veces los propios profesores que deben enseñar esta materia mantienen ideas incorrectas. Según Cecilia Draghi (2003), el 78% de 108 profesores de Ciencias Naturales, correspondientes a una muestra de docentes de la Capital Federal de Argentina y del Gran Buenos Aires, contestaron equivocadamente un cuestionario sobre la teoría de la evolución, expresando en la mayoría de los casos ideas del sentido común en lugar de las explicaciones científicas.

Hay casos en los que la concepción errónea es realmente la que opone el profesor a ideas correctas de sus alumnos. Por ejemplo, Ayuso y Banet (1999, pág. 191) incluyen entre las ideas erróneas sobre la evolución de los seres vivos el que “*las nuevas especies surgen a partir del cruce de especies preexistentes*”, y en una publicación posterior (2002, pág. 43) recomiendan: “*Cuestionar la idea, bastante extendida entre los estudiantes, de que dos organismos de especies próximas puedan cruzarse entre sí; noción que utilizan para explicar la aparición de nuevas especies*”.

Ayuso y Banet agregan: “Sin duda, como consecuencia de ello, ignoran la existencia de distinta dotación cromosómica de los gametos (normalmente diferente), así como la falta de parejas de cromosomas homólogos en el nuevo cigoto que se pudiera formar”. Esta afirmación, del aislamiento reproductivo completo de las especies es en realidad uno de los tantos argumentos creacionistas. Por ejemplo, en un popular texto publicado por los Testigos de Jehová se asegura: “Muchos de estos híbridos son estériles, y en el estado libre por lo general ni siquiera se unen para procrear. Y en el caso de los que quizás sean fértiles, más hibridación llega a un límite final, la esterilidad. Por lo tanto, la variabilidad, aunque grande, está limitada dentro de un género del Génesis, no es ilimitada como suponen los evolucionistas” (Anónimo, 1968, pág. 54).

Efectivamente, el origen evolutivo de una nueva especie mediante cruzamiento de otras dos es un concepto intuitivo muy común, que a veces equivocadamente se utiliza para explicar la aparición en el mercado de organismos de reciente introducción que el público en general desconoce. Por ejemplo, en la década de 1960 las casas de mascotas popularizaron en Chile a los hámsteres y mucha gente creyó que se trataba de una nueva especie formada por cruzamientos entre ratones y ardillas, y cuando en la década siguiente comenzó a comercializarse en el país la fruta conocida como “kiwi” nuevamente se comentó que había surgido mediante cruzamientos entre otras frutas, para lo cual se discutían diversas posibilidades.

La hibridación como mecanismo para explicar especies de aspecto llamativo o supuestamente nuevas es muy antiguo, veamos algunos ejemplos. El nombre “leopardo” fue acuñado por el historiador Julio Capitolino para designar a un supuesto híbrido de león (*leo*) y pantera (*Panthera pardus*, llamada en latín *pardus* y antiguamente en castellano “pardo”, nombre que se mantiene en “color pardo”), que probablemente correspondiente al guepardo, que posee una pequeña melena y piel manchada, y que más tarde fue llamado “leopardo cazador”. Marco Polo lo llamó también “leopardo” y Diodoro Siculus lo describió diciendo que “su cara se parece a la del león, el resto del cuerpo a la pantera, exceptuando su figura, que es la de una gacela” (citado por Wendt, 1982, pág. 71). Cuando se exhibió una jirafa durante la dinastía de los Medici en Florencia, los eruditos de la corte afirmaron que se trataba de un cruzamiento entre un camello y una pantera, denominándole *camelopardalis* (“camello pantera”), denominación que se conserva en su nombre científico (Wendt, 1982, pág. 258).

También las hienas fueron consideradas antiguamente como híbridos de cánidos y félidos, Sir Walter Raleigh las excluyó de su relato sobre el Arca de Noé, explicando que surgieron tras el Diluvio bíblico por la unión antinatural de perros y gatos (Gould, 1984, pág. 156). Los nativos del oeste norteamericano consideraban a los vaqueros como centauros, mezclas de hombre y caballo (Margulis y Sagan, 1996, pág. 17). Incluso en los bestiarios medievales se incluía al “*mirmecoleón*”, cuyo padre tiene forma de león y su madre de hormiga! (Borges, 1966, pág. 103).

Estas explicaciones surgen de acuerdo con un concepto primitivo, tipológico, según el cual un organismo, individualmente, podría dar origen a una nueva especie si su hijo presenta caracteres suficientemente diferentes con los de sus progenitores, puesto que las simples diferencias morfológicas entre un híbrido y sus padres podría llevar a considerarlo como una nueva especie. Obviamente que no podrían surgir todas las nuevas especies evolutivamente como consecuencia de hibridaciones, porque en tal caso habría que aceptar un origen no evolutivo de las primeras.

Pero, en realidad, a pesar de lo comentado, en este punto los alumnos están en lo cierto, porque uno de los mecanismos de especiación en vegetales es mediante hibridación seguida por poliploidía (alopoliploidía): los primeros individuos que se forman como consecuencia de la hibridación son estériles, pero posteriormente la poliploidía subsecuente soluciona el problema de *la existencia de distinta dotación cromosómica de los gametos*, así como *la falta de parejas de cromosomas homólogos en el cigoto*, de manera que se forma una nueva especie, aislada reproductivamente de ambas especies progenitoras, mecanismo llamado “alopoliploidía” (véase, por ejemplo, Darlington, 1948, págs. 66-70; Dodson, 1963, págs. 357-374, Savage, 1964, págs. 124-125; Dobzhansky, 1966, págs. 205-218; Ross, 1966, págs. 130-132; Briggs y Walters, 1969, págs. 204-218; De Beer, 1970, pág. 197; Mettler y Gregg, 1972, pág. 232; Stebbins, 1978, pág. 91, 132-133; Patterson, 1985, págs. 53-57; Schwoerbel, 1988, págs. 223-230; Strickberger, 1993, págs. 182-186; Ridley, 1996, págs. 446-450; Ayala, 1999, pág. 161; Mayr, 2002, págs. 181-183). Si algunos híbridos están mejor adaptados a un nuevo ambiente que las poblaciones parentales, pueden invadir esos hábitats y establecer combinaciones génicas adaptativas, dando lugar a una nueva especie (Stebbins, 1978, pág. 135).

Es posible que bajo condiciones ambientales extremas, también en ciertas poblaciones de animales la selección natural favorezca a los híbridos entre especies similares, los que podrían originar una nueva especie (Weiner, 2002, págs. 333-335).

Especies animales normalmente aisladas reproductivamente entre sí, pueden originar híbridos cuando cambian las condiciones ambientales y a veces estos híbridos son favorecidos por la selección natural. Annie T. Gray (1987) enumera 573 tipos de cruzamientos entre diferentes especies y variedades de mamíferos que han producido descendencia. La recomendación de Ayuso y Banet podría hacerse solamente en el sentido de aclarar a los alumnos que éste no es el mecanismo más frecuente que origina nuevas especies.

Otro caso de discutible calificación de erróneas a ciertas ideas de los alumnos, se refiere a nuestro origen mediante la idea resumida en la frase “*El hombre desciende del mono*”. Anton E. Lawson y William A. Worsnop (1992, pág. 147) entregaron a un grupo de alumnos un cuestionario que incluye la siguiente pregunta: “*De acuerdo con la moderna teoría de la evolución, los humanos hemos evolucionado a partir de: a) simios, b) monos, c) aves, d) un antecesor común de simios y humanos, e) dinosaurios*”. Sin lugar a duda se espera que los alumnos contesten correctamente “d”, aunque las alternativas “a” y “b” también son correctas. Lo que se ha dado en llamar “*la cuestión del mono*” fue el aspecto del evolucionismo que más polémicas produjo luego que Darwin publicara “*El Origen de las Especies*”. Sus seguidores, los científicos evolucionistas Thomas Henry Huxley (1825-1895) y Ernst Haeckel (1834-1919), acuñaron y emplearon frecuentemente la frase “*El hombre desciende del mono*” o “*el origen simio del hombre*” (ver por ejemplo, Haeckel, s/a, pág. 66).

En 1868, Ernst Haeckel escribió en “*Natürliche Schöpfungsgeschichte*” (“*La Historia Natural de la Creación*”): “*El género humano es un derivado del grupo de los catarrinos; se desarrolló en el Viejo Mundo y proviene de monos de este grupo, desaparecidos desde hace mucho tiempo*”. En su árbol genealógico del ser humano incluyó a un “antropoide mudo”, que llamó *Pithecanthropus alalus* y que supuestamente habría vivido en el Plioceno. “*Interesante e instructiva es la circunstancia - escribió Haeckel - de que el descubrimiento de la evolución humana partiendo de auténticos monos, indigne precisamente a personas que, por su formación intelectual, son los que menos se han alejado de los simios*”. Incluso el ancestro simiano del hombre había sido afirmado por Jean Lamarck en su *Philosophie Zoologique*, que data de 1809, el año en que nació Darwin.

Nuestra vinculación con los monos fue el centro de los ataques antievolucionistas. En 1866, el dramaturgo español Francisco Flores Arenas (1801-1877) pronunció un discurso en la Universidad Literaria de Sevilla, en la que criticó la idea de que el ser humano descendiese de “*un deforme y asqueroso mono*”. El cardenal Henry Manning (1808-1892), líder del catolicismo británico, dijo que el darvinismo es “*una filosofía brutal, no existe Dios y el mono es nuestro Adán*”.

Tras el asesinato del presidente estadounidense William McKinley en la ciudad de Buffalo, a manos del anarquista León Czolgosz, la revista religiosa “*El Aldeano*” opinó el 14 de septiembre de 1901: *“Deberíamos poder castigar con mayor energía a los elementos de esta ralea que anda repitiendo por ahí que Dios no existe y que el hombre desciende del mono”*. El político y novelista inglés Benjamín Disraeli (1804-1881), en una conferencia que dictó en el Teatro Sheldon de Oxford en 1864, invitado por el Obispo anglicano Samuel Wilberforce, expresó una frase que se hizo famosa: *“La cuestión es ésta: ¿es el hombre un simio o un ángel?. Señor mio, yo estoy del lado de los ángeles”* (Monypenny y Bucke, 1929, II, pág. 108; Wendt, 1968, pág. 221; Bowler, 1995, pág. 205; Torres, 1995, págs. 55, 127; Foley, 1997, pág. 41; Kardong, 1999, pág. 9).

Se ha hecho un lugar común afirmar que *“el hombre no desciende del mono”*. Por ejemplo, el prestigioso genetista ruso-estadounidense Theodosius Dobzhansky (1900 –1975) afirma: *Además, para que la teoría de Darwin fuese aún más ofensiva, la proposición “el hombre y el mono descienden de unos antepasados comunes” se convirtió en “el hombre desciende del mono”. Esto desde luego es un absurdo evidente, pues los antepasados remotos del hombre no pudieron descender de animales que son contemporáneos nuestros”* (1969). Michael Day (1971, pág. 10) escribe: *“Quizás la más común de las falacias que existen en el estudio de la evolución es la de que “el hombre surgió de los monos”. Este error ha sido utilizado muchas veces por los opositores de la teoría de la evolución”*. En un texto sobre la enseñanza de la evolución biológica (National Academy of Sciences, 1998, pág. 81) se comenta: *“Una de las ideas falsas más comunes sobre la evolución se encuentra en la declaración “la gente se originó desde simios”. Esta declaración asume que los organismos se desarrollan mediante una progresión gradual desde formas “inferiores” a formas “superiores” de vida y la transformación directa de una especie viva en otra. La evolución, sin embargo, no forma una escala progresiva. Además, las especies modernas derivan de, pero no son lo mismo que, los organismos que vivieron en el pasado”*. El microbiólogo ítalo-estadounidense Salvador E. Luria (1912- ), premio Nobel de Medicina y Fisiología 1969, dice: *“La interpretación popular de la teoría de Darwin, “el hombre desciende del mono”, es una tontería”*. (Luria, 1979, pág. 213).

En estas opiniones se asume que “mono” o “simio” significan “mono viviente” o “simio viviente”, lo cual no es correcto, porque los antepasados remotos extinguidos del hombre bien pudieron descender de monos extinguidos remotos. El ser humano desciende de especies que si vivieran las llamaríamos “monos”, que no pierden su calidad de tales por haberse extinguido. Nadie en su sano juicio afirmaría que el “oso de las cavernas” o el “rinoceronte lanudo” no puedan ser llamados “oso” ni “rinoceronte”, respectivamente, porque se extinguieron durante la prehistoria.

Con motivo de una exposición acerca de evolución humana presentada en 1997 en Hamburgo, el profesor Gunther Nogge dijo: *“Una cosa, es indiscutible: no descendemos del gorila ni del orangután ni de los chimpancés ni de los bononos. Estos son, más bien, primos nuestros. Pero si repasamos la línea de nuestros antepasados hasta 10 millones de años atrás, encontraremos archiantepasados comunes, los cuales, naturalmente, eran simios”*.

En el texto mencionado de la National Academy of Sciences se afirma que es errónea la declaración *“la gente se originó desde simios”* porque esta frase *“asume que los organismos se desarrollan mediante una progresión gradual desde formas “inferiores” a formas “superiores” de vida”*. Creemos que esa afirmación es inexacta, puesto que en la frase comentada no se incluyen los conceptos de gradualidad ni los de superioridad o inferioridad. Por otra parte, si se asume que el ser humano es “superior” a los monos, que deriva de ellos y que la evolución ocurre mediante la progresión de formas “inferiores” a “superiores”, no podría entenderse que existiesen monos vivientes, concepto erróneo a partir del cual surge la pregunta que hacen comúnmente los antievolucionistas: *“Si el hombre desciende del mono, ¿Cómo se explica que existan monos vivientes que no se hayan transformado en hombres?”*. En otras palabras, la lógica indica que el hecho resumido en la frase *“la gente se originó desde simios”* justamente se opone a tales errores conceptuales.

María Cristina Di Sarli (1999, pág. 105) expresa: *“Darwin nunca dijo que el hombre descendiera del mono, como afirmaron sus detractores”*. Sin embargo, Darwin escribió esta idea explícitamente en varios pasajes de *“El Origen del hombre”*: *“Resulta pues, por consecuencia, que el hombre es una rama del árbol simio del Antiguo Continente, y que bajo el punto de vista genealógico se le debe colocar en el grupo catarrino”* (1965, pág. 208), *“...podemos inferir que un miembro del antiguo subgrupo antropomorfo diera origen al hombre...”* (1965, pág. 209), *“Por mi parte, preferiría escender de aquel heroico y pequeño mono que afrontaba a su temido enemigo con el fin de salvar la vida de su guardián...”* (1965, pág. 791).

El renombrado paleontólogo y padre del sinteticismo, George Gaylord Simpson (1974, pág. 96) criticó duramente la cómoda postura evasiva sobre nuestro origen: *“El segundo punto, esto es, que el hombre desciende de un simio o mono del Viejo Mundo estuvo durante algún tiempo más abierto a la polémica científica. Sin embargo, aquí también el debate a menudo fue más emocional que objetivo”*.



Simpson agrega: *“En algunos círculos pedagógicos se sostuvo comúnmente que el hombre no descendía de un simio, sino de un antecesor común, ni hombre ni simio, ni tampoco mono, si aún se quería ir más lejos. Algunos hasta trataron de alistar a Darwin póstumamente en sus timoratas filas diciendo que nunca sostuvo que el hombre proviniera de un simio, sino solamente de un antecesor común... y así sucesivamente. En realidad, aunque Darwin tardó en participar en la polémica, cuando lo hizo fue más honesto que sus supuestos defensores”*. Otros evolucionistas actuales, como Hans Hass (1989, pág. 13) o Faustino Cordón (1981, págs. 19, 36, 38, 51 y otras) se refieren claramente a nuestros ancestros como “simios” o “monos”.

Tras el rechazo a reconocer nuestra ascendencia simiana, existe una fuerte carga emocional asociada a la palabra “mono”. Incluso firmes defensores del evolucionismo sufrían de “miedo al mono”, como lo llamó el etnólogo e historiador español Julio Caro Baroja (1914- ), o “pitecofobia”, término acuñado por William King Gregory (1876-1970) para referirse al miedo a los simios en cuanto a suponerlos antepasados o parientes cercanos del ser humano (Milner, 1995, pág. 47). El rechazo al mono se aprecia en las palabras del prehistoriador Robert J. Braidwood (1971, pág. 35): *“Muchas personas solían disgustarse profundamente ante la idea infundada de que “el hombre descendía de los monos”. Tales palabras estaban más encaminadas a despertar disputas o “juicios de monos” que a dar la idea correcta de que todos los animales vivientes, incluyendo al hombre, ascendieron o evolucionaron de un organismo unicelular...”*. Es claro que al propio Robert J. Braidwood le disgusta profundamente la idea de descender de los monos, puesto que se refiere a la “idea infundada”, y además porque luego agrega: *“Los hombres no “descendieron” de los monos ni los monos de los hombres, y posiblemente la humanidad tuvo parientes mucho más cercanos que se han extinguido desde entonces”*. Lo que este y otros autores eluden, es definir con claridad la naturaleza del “antecesor común” y explicar por qué descartan que se le llame “mono”. La palabra “mono” pertenece por supuesto al lenguaje común, incluye a todos los miembros del orden Primates, con la excepción de los prosimios (lemures, tarsios y similares) y de los seres humanos. Por ejemplo, se habla del “mono tití”, del “mono babuino” o de los “monos antropoides” (orangután, chimpancé o el gorila). Palabras afines a “mono” son “mico”, que el diccionario castellano define como “mono de cola larga” y “simio”, que según el mismo diccionario corresponde a “mono, cualquiera de los animales cuadrúmanos”, aunque se suele reservar para los antropoides. Si bien estos términos del lenguaje común carecen de una correspondencia estricta en la taxonomía científica, podemos entender el término “mono” incluye a los diferentes grupos de plirrinos (“monos del Nuevo Mundo” como los capuchinos y titíes), catarrinos (“monos del Viejo Mundo”, como mandriles y macacos) y antropoides (chimpancés, gorilas, orangután, gibones).

La repulsión por emparentarnos estrechamente con los monos, desaparece si sustituimos “*mono*” por “*antepasado común*”, aludiendo a un ente abstracto, sin rostro, indefinido. Es mucho más fácil convencer a alguien de que derivamos de una tal vez lejana criatura indefinida que de un cercano simio de carne y hueso. Es el viejo truco de reemplazar las palabras que pueden generar sentimientos encontrados por eufemismos, aunque muchas veces estos últimos sean menos precisos. Efectivamente, el hombre y los monos descienden de antepasados comunes, los que fueron... *monos!*. Del mismo modo, cada uno de nosotros podrá afirmar que desciende de su padre o de su abuelo, o de antepasados comunes. Ambas afirmaciones son válidas, en ningún caso contradictorias, y por lo tanto no es erróneo afirmar que “*el hombre desciende del mono*”. Pero de las dos frases presentadas como alternativas, “*el hombre desciende del mono*” y “*el hombre desciende de un antepasado común con el mono*”, la primera es mucho más precisa e informativa, porque con la segunda frase no se está afirmando nada significativo, e incluso se está sugiriendo que ningún antepasado humano fue un mono, lo cual sí es erróneo.

Una de las ideas más grandiosas de las concepciones evolucionistas radica en que todos los seres vivos conocidos descendemos de antepasados comunes, como lo demuestran especialmente los estudios genéticos y bioquímicos, en particular la prácticamente universalidad del código genético y de los mecanismos biológicos básicos. Por lo tanto, si escribimos “*El ser humano y ..... descienden de un antepasado común*”, y en la línea de puntos nos referimos a cualquier organismo conocido, vivo o extinguido, obtendremos una frase verdadera: “*El ser humano y el conejo descienden de un antepasado común*”, “*El ser humano y la mosca descienden de un antepasado común*”, “*El ser humano y la lechuga descienden de un antepasado común*”, “*El ser humano y la bacteria de la tuberculosis descienden de un antepasado común*”, etc., etc.. En cambio, son claramente falsas las afirmaciones análogas: “*El ser humano desciende del conejo*”, “*El ser humano desciende de la mosca*”, “*El ser humano desciende de la lechuga*”, etc. Pero no es erróneo afirmar que el hombre desciende del mono, por una razón simple, los antepasados comunes próximos entre el hombre y los monos, fueron... *monos!*. Si se afirma que el ser humano no desciende del mono, sino de antepasados comunes, se está haciendo una afirmación errónea, porque se niega el carácter de simio de tales antepasados comunes. Hasta la década de 1950 muchos investigadores pensaban que efectivamente el hombre no descendería del mono, porque el antepasado común de los distintos monos actuales y el ser humano habría sido algún prosimio o tarsio, idea actualmente descartada (Arsuaga, 2002, pág. 206).

De acuerdo con Wilfrid E. Le Gros Clark (1962, pág. 16; 1965, pág. 10) se puede establecer una serie de eslabones aproximados: tupaya, lemur, tarsio, mono del Nuevo Mundo, mono del Viejo Mundo, chimpancé, ser humano, que representan una tendencia evolutiva general, aunque evidentemente las especies vivientes se han especializado de manera divergente en diversas medidas.

Al márgen de la simple pitecofobia, existen otras razones que explican por qué convencidos evolucionistas afirman que “*el hombre no desciende del mono, sino de un antepasado común*”:

1. Responden evasiva pero fácilmente a la descalificación antievolucionista de personas como los ya citados Disraeli, Manning o Flores Arenas.

2. Responden también en forma fácil y evasiva a una pregunta habitual de los antievolucionistas: *Si el hombre desciende del mono, ¿Por qué siguen existiendo monos, y no se han transformado en hombres?*.

3. Asumen que “mono” significa “cualquier especie viviente de Primate Simiforme no humano”, y suponen que aceptar que el hombre desciende del mono significa afirmar la progresión desde formas “inferiores” a “superiores” (a juzgar por lo que escribe National Academy of Sciences, en publicación citada, aunque evidentemente ello no es así).

4. Tal frase puede haber permanecido, repitiéndose sin mayor análisis, desde la época en que efectivamente algunos antropólogos consideraban que los distintos grupos de monos y los seres humanos habrían divergido desde un antepasado común diferente a los monos (Hubrecht, 1897; Jones, 1929; Montagu, 1930; Westenhöfer, 1939; Westenhöfer, 1951). Esta opinión se encuentra incluso en un texto relativamente reciente, que dice: “*..los homínidos forman un grupo que, desde tiempos muy antiguos, es independiente del de los Simios y que, quizás, al igual que los Tarsianos y los Lemurianos, se inserta directamente en el tronco común de los Primates, sin haberse confundido en ningún momento con los Simios*” (Grassé, 1980, pág. 325).

5. Puede derivar de la traducción del inglés, en el que no existe el equivalente estricto a “mono”: utiliza “*monkey*” para designar al conjunto de los monos platirrinos y catarrinos, y la palabra “*ape*” para incluir a los antropoides. Se suele traducir “*monkey*” como “mono” y “*ape*” como “antropoide” o como “simio” (aunque estrictamente, mono y simio son palabras sinónimas), y en este sentido los antecesores más cercanos del ser humano no son “monos” sino “simios” o antropoides.

Por ejemplo, en Moore y cols. (1970, pág. 773) se representa un cuadro sintético de la evolución de los primates en el que antropoides y homínidos forman líneas que se desprenden de un antepasado común en el Mioceno, el que a su vez forma una línea que diverge de los “monos” y de los prosimios a partir de un insectívoro arbóreo ancestral del Paleoceno.

El naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), quien desarrolló los principios de la clasificación moderna, aunque partiendo de ideas no evolucionistas, llamó Orden Primates (“Primeros”) al grupo zoológicos al que pertenecemos, justamente porque incluyó en él al ser humano, que el consideraba superior a las otras especies. Los “monos” son científicamente todos los Primates excluidos prosimios y tarsios, o sea, los representantes del grupo Simiformes, grupo que incluye a los humanos. Por lo tanto, el ser humano no sólo es un Primate, además *es* un mono!. Dicho en otros términos, en todas las clasificaciones modernas el ser humano forma un grupo natural único con los animales que en el lenguaje corriente llamamos “monos”, porque se considera que su separación en un grupo independiente sería arbitraria, contraria a los principios que rigen la taxonomía zoológica. Sobre una base zoológica, el ser humano no sólo desciende del mono, sino que es un mono!. Por lo tanto, desde el punto de vista de la biología moderna preguntar si “*el hombre desciende del mono*” es tan lógico (o ilógico) como preguntar si “*el chimpancé desciende del mono*” o si “*el mono araña desciende del mono*”. No es posible clasificar, de acuerdo con los criterios zoológicos actuales, a los pequeños monos sudamericanos en un mismo grupo que el chimpancé o el gorila excluyendo al mismo tiempo al ser humano, puesto que las afinidades de los antropoides con el hombre son mucho mayores que con los pequeños monitos sudamericanos.

Herbert Thomas (1997, pág. 57) dice: “*El hombre no puede descender **del** mono porque, en cierto sentido, él mismo es un mono. Preguntemos más bien si el hombre desciende de **un** mono*”. Tampoco tiene sentido desde el punto de vista zoológico, incluso, el concepto de “antropoide” o “antropomorfo”. Tradicionalmente a los monos antropoides se les clasificó en las familias Hilobátidos (gibones) y Póngidos (orangután, gorila y chimpancé). Sobre la base de datos derivados de la biología molecular, en 1962 Morris Goodman propuso formalmente dejar en la familia Póngidos solamente a los orangutanes y pasar a los antropoides africanos (gorilas y chimpancés) a la familia Homínidos, junto al ser humano.

Recientemente, el mismo investigador ha propuesto incluir a todos los monos antropoides y seres humanos en una misma familia, Homínidos (Hominidae).

Los gibones formarían la subfamilia Hilobatinos (Hylobatinae) y las demás especies la subfamilia Homininos (Homininae), subdivididos a su vez en la tribu Pongini (orangután) y tribu Hominini (gorilas, chimpancés, humanos). Por último, los Hominini formarían la subtribu Gorillina (gorila) y la subtribu Hominina (hombre y chimpancés).

M. M. Miyamoto y colaboradores (1988), basándose también en datos moleculares, propusieron una clasificación similar, que incluye al ser humano y a los monos antropoides en la familia Homínidos, pero excluyendo de la misma a los gibones. De acuerdo con estos investigadores, los Homínidos se dividen en dos subfamilias, Ponginos (con el orangután) y Homininos (ser humano, chimpancés y gorilas), y a su vez los Homininos incluyen a dos tribus: Gorillini (gorila) y Hominini (seres humanos y chimpancés). Según Roger Lewin, *“Homo sapiens es verdaderamente un antropomorfo africano poco corriente”*. El divulgador científico, zoólogo y antropólogo, Jared Diamond ha ido más allá: basándose en los modernos estudios de biología molecular que demuestran nuestra estrecha cercanía con los chimpancés, llama al ser humano “el tercer chimpancé” (*“The Third Chimpanzee”*): *“Un zoólogo del espacio exterior no albergaría la menor duda al clasificarnos como la tercera especie de chimpancés, junto a los chimpancés pigmeos del Zaire y a los chimpancés comunes del resto del África tropical”* (Diamond, 1994, pág. 12).

## 17.4. Confusión entre el lenguaje científico y palabras del lenguaje común

### 17.4.1. Introducción: generalidades

Los alumnos suelen tener una gran capacidad para memorizar términos científicos sin comprender cabalmente su significado, sin tener una representación adecuada de ellos, lo cual crea confusión porque interfiere con el aprendizaje. En el lenguaje científico se suelen utilizar términos que no son familiares a los alumnos, porque no se usan en el lenguaje común, por ejemplo *meiosis*, *deriva génica*, *heterocigoto*, etc. Pero, por otra parte, también causa error o confusión el hecho de que la ciencia utilice términos que también se usan coloquialmente, en el lenguaje del sentido común, con distinto significado.

Diversas investigaciones indican que los estudiantes refuerzan sus conceptos ingenuos confundiendo términos científicos con términos del lenguaje diario, sin que sean conscientes del salto dado desde un contexto semántico a otro (Norris y Phillips, 1994; Smith, Siegel y McInerney, 1995, Galagovsky, Bonán y Adúriz Bravo, 1998).

La palabra *animal*, por ejemplo, tiene un significado mucho menos exacto para los niños que el que tiene en un contexto científico. Los significados de las palabras se guardan en las memorias a largo plazo de los niños y se utilizan como base para construir significados cuando siguen cursos de ciencia (Osborne y Wittrock, 1983). A menos que el significado que atribuyen a la palabra se examine y compare con el significado científico, y a menos que substituyan su concepto intuitivo por un concepto científico, construirán el nuevo conocimiento con el concepto erróneo, y el aprendizaje que se produce puede no coincidir con lo que esperan los profesores.

Algunos medios de comunicación masiva, tales como el cine, historietas, incluso programas de divulgación, confieren a ciertos términos científicos significados diferentes a los aceptados en la comunidad científica. Por ejemplo, frecuentemente en noticiarios o periódicos se informa el decomiso de determinado número de “*especies*” internadas ilegalmente, por ejemplo 20 “*especies*” de tortugas o 15 “*especies*” de monos, lo cual se refiere a un tal número de especímenes (individuos o ejemplares) de una determinada especie. Esto refuerza la confusión que poseen muchos estudiantes en la distinción entre organismos y especies (Halldén, 1988). Del mismo modo, se ha popularizado el término “*primate*” con un sentido no científico, que excluye a la especie humana (¿podría una persona pedir alojamiento en un “*Centro de Rehabilitación de Primates*”?). Por otra parte, debe tenerse en cuenta que a veces una misma palabra tiene diversos significados en el lenguaje científico.

Para enfrentar las dificultades asociadas a los conceptos básicos de la teoría evolutiva, por ejemplo el significado de los términos “*evolución*”, “*adaptación*”, “*ambiente*”, “*especie*”, los profesores deberían tener presente las razones de estas dificultades y realizar ejercicio que permitan discutir las y aclararlas.

Para enfrentar los problemas asociados al lenguaje científico es conveniente que los estudiantes realicen actividades prácticas que les lleve a distinguir entre los significados de los términos científicos en el contexto de la ciencia, de los significados de las mismas palabras en el lenguaje cotidiano. Es conveniente que los alumnos verbalicen su conocimiento a lo largo de todo el proceso del aprendizaje, para lo cual el profesor debería crear condiciones para que los alumnos manipulen el significado de los conceptos (De Manuel y Grau, 1996).

### 17.4.2. Los significados de la palabra “adaptación”

En la enseñanza de la evolución biológica, el problema señalado se produce con la palabra “*adaptación*”. En el lenguaje diario se utiliza frecuentemente este término para el proceso de *adaptarse* en el nivel del individuo, lo cual se refiere a la “*adaptabilidad*” fisiológica como reacción individual, en cambio la adaptación poblacional evolutiva denota un estado, se refiere al estar adaptado, la “*adaptatividad*”, corresponde a características irreversibles de los organismos fijadas en el nivel poblacional (Mainx, 1957, pág.62). Ambas formas de adaptación se deben a la selección natural que modifica las frecuencias génicas en el interior de las poblaciones, proceso que también se denomina “adaptación”. Esta confusión de términos refuerza la idea falsa de los estudiantes de que el ambiente actúa sobre los organismos individuales para forzarlos a cambiar en ciertas características, que se transmitirán a la descendencia (Lucas, 1971). Los textos de estudio de nivel medio utilizan el término *adaptación* para procesos que ocurren en el sistema nervioso, mientras algunos alumnos identifican a la adaptación con la “desensibilización” de los receptores sensoriales, otros consideran como adaptación a “toda respuesta neuronal” (De la Gándara y cols., 2002, pág. 306). La confusión se relaciona a veces con el mal uso del término “*inmunidad*”, debido al abuso en el lenguaje común de este término científico preciso, causando una malinterpretación “intuitiva” (Brumby, 1979).

### 17.4.3. Los términos “teoría”, “hechos” y “leyes” en Ciencia

Es habitual utilizar la palabra “*teoría*” con el sentido de conjetura o suposición no comprobada (Simpson, 1985, pág. 209; Ayala, 1989, pág. 22; National Academy of Sciences, 1998, págs. 4-6; Ayala, 1999a, Alters y Nelson, 2002, pág. 1895), los antievolucionistas suelen expresar que la “*evolución es una simple teoría*”, afirmando que la comunidad académica no la ha validado (sin embargo, nadie plantea análogamente que las células o los átomos no existen, porque son el centro de la “*teoría atómica*” y la “*teoría celular*”). Tal argumento se utilizó en 1925 durante el proceso al profesor John T. Scopes (Larson, 1997). En algunos Estados de Estados Unidos, como Alabama, se obliga a los autores de los textos de Biología indicar que la evolución biológica “*es solo una teoría*” (Goodman, 1999; Johnson, 1999; Moore, 2002a). En realidad, no todos los fundamentalistas descartan a la evolución por ser “solo una teoría”: el creacionista antievolucionista Roger E. Dickson (1986, pág. 146) afirma que “*en el sentido más estricto la ciencia define una teoría como una proposición apoyada, al menos parcialmente, por hechos observados. La evolución orgánica, tal como ha sido definida por los que han sido anteriormente citados, caería más bien en la categoría de una hipótesis. Y una hipótesis es “algo no demostrado, sino supuesto por mor de argumento”*.(¡!).

En el lenguaje científico, la palabra "teoría" se refiere a una explicación amplia bien justificada sobre algún campo de fenómenos. Es una explicación científica de gran envergadura y consecuencias importantes apoyadas por evidencias. A veces los mismos científicos usan "teoría" en forma poco rigurosa para explicaciones provisionales que carecen de pruebas bien establecidas, pero es importante distinguir estos empleos ocasionales de "teoría" de su empleo para describir conceptos como la evolución, apoyados por pruebas abrumadoras. La teoría de la evolución actual no es una mera hipótesis, es una gran construcción que incluye proposiciones bien fundadas variadas (evidencias de la evolución, series filogenéticas, variabilidad genética intrapoblacional, limitación de recursos, lucha por la existencia, selección natural, deriva génica, adaptación, especiación, extinción, etc.). Cada uno de estos aspectos genera predicciones que pueden ser sometidas a prueba mediante observaciones o experimentación. La teoría de la evolución es claramente científica, forma la base de la biología moderna, a diferencia del autodenominado "creacionismo científico". Isaac Asimov (1984) expresa: *"Una teoría (como usan esta palabra los científicos) es una descripción detallada de algún aspecto del funcionamiento del Universo que se basa en amplias observaciones y, si es posible, experimentos. Es el resultado de razonamientos cuidadosos a partir de esas observaciones y experimentos que han superado generalmente el estudio crítico de los científicos"*. Luego agrega: *"No hay teoría mejor fundamentada, examinada más detalladamente, más críticamente razonada y más completamente aceptada, que la teoría de la evolución"*.

Al igual que "teoría", las palabras "hecho" y "ley" tienen un significado diferente en las Ciencias que en el uso común (National Academy of Sciences, 1998, págs. 5-6). En el lenguaje habitual se les suele oponer a las teorías por considerárseles conocimientos definitivos. Un "hecho" científico es una observación confirmada numerosas veces. Sin embargo, las observaciones, que son derivadas del uso de nuestros sentidos, nunca pueden verificarse completamente, porque pueden modificarse aplicando nuevas tecnologías o metodologías distintas. Por ejemplo, durante muchos años se consideró como un hecho científico que las células humanas tienen 24 pares de cromosomas, hasta que técnicas mejoradas de microscopía revelaran que son 23 pares. Sin embargo, ello no significa que todas las ideas científicas tengan igual probabilidad de ser desechadas en cualquier momento. Martín Gardner (2001, pág. 184) lo expresa claramente: *"Las afirmaciones científicas se distribuyen en un espectro continuo entre la probabilidad 1 (certeza) y la probabilidad 0 (indudablemente falso), pero miles de sus descubrimientos han sido confirmados hasta un grado que se expresa mediante una coma decimal seguida por un montón de nueves (0,999999...). Cuando las teorías se confirman hasta ese punto, se convierten en "hechos", como el hecho de que la Tierra es redonda y da vueltas alrededor del Sol, o el de que la vida evolucionó en un planeta que tenía más de un millón de años."*



En realidad, los hechos en la ciencia son más susceptibles de cambiarse que las teorías, razón por la cual la palabra "hecho" es poco utilizada en la ciencia. Las "leyes" en la ciencia son típicamente descripciones de como se comporta el mundo físico en ciertas circunstancias. Por ejemplo, las leyes de movimiento describen como los objetos se mueven cuando están sujetos a ciertas fuerzas. Las leyes pueden ser muy útiles en el apoyo de hipótesis y teorías, pero también pueden cambiarse debido a nuevas informaciones y observaciones.

#### 17.4.4. Mutaciones y mutantes

Los medios de comunicación suelen utilizar el término "*mutante*" como sinónimo de extraño o deforme, para designar a organismos que supuestamente se transformaron de un día para otro en monstruos por influencia de radiaciones ambientales (por ejemplo, Hulk el hombre increíble o las Tortugas Ninjas), lo cual interfiere con la construcción del concepto científico de mutación (Grau y De Manuel, 2002). De manera que se suele asociar con anormalidades o defectos, pero pocas veces se relaciona con la adaptación o la evolución (Grau, 1993). Entre los preconceptos que manifiestan los alumnos en el campo de la genética y que tienen incidencia en sus concepciones acerca de la evolución biológica, se encuentra el uso del término "*mutación*" para cualquier tipo de cambio en un ser vivo, a lo largo de su existencia, especialmente si es de difícil comprensión para los estudiantes, la idea de que cualquier mutación se transmitirá a la descendencia (aunque no afecte a las células germinativas), y que las mutaciones surgen por cambios ambientales (Brumby, 1979), o por necesidad simultáneamente en todos los organismos sometidos a ciertas variaciones ambientales que los colocan en peligro (Mahadeva y Randerson, 1982; Ayuso y Banet, 2002). El uso riguroso del término "*mutación*" se manifiesta en alrededor de un 45% de los alumnos de entre 17 y 18 años (Albaladejo y Lucas, 1988).

#### 17.4.5. El significado de la Selección Natural

El mecanismo básico de la evolución biológica, la "selección natural", se suele también malinterpretar. Charles Darwin acuñó el término "selección natural" por oposición a la "selección artificial", realizada por la voluntad del ser humano. Theodosius Dobzhansky (1969, pág. 143) hace notar que en el lenguaje habitual el término "*natural*" se refiere al estado de cosas previo a la intervención humana, o excluida su intervención (alimentación natural, paisaje natural, etc.), lo cual dificulta entender su aplicación a nuestra especie.

La selección natural se produce por la competencia de los organismos por satisfacer sus necesidades y dejar descendencia, proceso que Charles Darwin llamó metafóricamente “*lucha por la existencia*” o “*lucha por la vida*”, frases desafortunadas porque su interpretación literal, en el sentido de contienda o competencia agresiva, llevó muchas veces a su tergiversación (Moody, 1962, pág. 356; Dobzhansky, 1969, pág. 143; Dobzhansky, 1969a, pág. 165-166). En sus críticas antievolucionistas, Agustín Aragón escribía en 1895: “*Hay por consiguiente – aseveran Darwin y sus adeptos – una lucha perpetua entre los que deben vivir y los que deben de morir, y esta lucha es terrible, espantosa, inexorable, porque muy pocos deben sobrevivir: uno por ciento y aún ¡uno por mil!*” (reproducido en Moreno, 1984, pág. 126). Sin embargo, el propio Darwin había aclarado su sentido metafórico: “*Debo hacer constar que empleo esta expresión en sentido amplio y metafórico, que incluye la dependencia de un ser respecto de otro, y – lo que es más importante – incluye no solo la vida del individuo, sino también el éxito al dejar descendencia... de una planta en el límite de un desierto se dice que lucha por la vida contra la sequedad, aunque fuera más propio decir que depende de la humedad*” (Darwin, 1977a, pág. 102; Darwin, 1987, págs. 90-91). La Selección Natural no es una lucha directa, es algo más sutil, es el éxito reproductivo diferencial de los organismos individuales en relación con sus combinaciones genéticas. En el ejemplo dado por Charles Darwin, si una planta del desierto “*lucha*” por el agua, ello implica que la selección natural favorece a los genes que la adaptan para captarla, ahorrarla o conservarla, sin que ello signifique que sea más “*fuerte*” ni que mate a las otras plantas. La Selección Natural opera o bien por muerte diferencial o bien por nacimiento diferencial, hay tanto competencia como cooperación, aunque habitualmente se divulgan solamente los primeros de estos aspectos.

La utilización de las frases “*lucha por la existencia*” y “*supervivencia del más apto*” tuvo la desafortunada consecuencia de que mucha gente creyera que se trataba sólo de depredación y agresión. Para muchos contemporáneos de Charles Darwin, la Selección Natural constituía una lucha brutal por la supervivencia en un mundo encuadrado en el crudo esquema de “*la naturaleza roja en los dientes y garras*”, según las conocidas palabras del poeta inglés Alfred Tennyson (1809-1892). El antievolucionista Robert R. E. Clark (1967, pág. 83) escribe: “*comer o ser comido, fue lo que él llamó la primera ley de la naturaleza, y fue una idea que mencionó a menudo en la mesa de la cena intentado demostrar cómo esta ley conduciría a “mejorar la excelencia” en cada parte de la creación*”. Curiosamente, algunos antievolucionistas aceptan que en nuestro planeta existe efectivamente un “*reino de la garra y el colmillo*”, que “*ha caracterizado al reino animal desde la caída del hombre*” (Whitcomb, 1994, pág. 13).

La literatura postdarwiniana contiene abundantes frases tales como "*lucha por la existencia*", "*supremacía del más fuerte*", "*superhombre*", etc. Esta idea errónea sobre el significado de la selección natural, se encuentra incluso en evolucionistas cercanos a Charles Darwin, como Thomas H. Huxley (1825-1895), quien en su artículo "*Struggle for Existence and its bearing upon Man*", escribió: "*Juzgado desde el punto de vista moral, el mundo animal está, poco más o menos, al nivel de un combate de gladiadores. Las criaturas están bien tratadas y enviadas al combate: los más fuertes, los más vivos y los más astutos, sobreviven para el combate de otro día. Ni siquiera el espectador tiene que bajar el pulgar, pues no se da cuartel*" (citado por Kropotkine, 1915, pág. 20).

Se atribuyó injustamente a Charles Darwin la idea de que la competencia elimina o subordina a los miembros inferiores de la sociedad, justificando las políticas de poder, conquistas territoriales, las diferencias entre las clases sociales, el abismo económico entre ellas, la explotación de los más débiles por los más fuertes y el racismo, concepción filosófica conocida como "*darwinismo social*", que aparentaba decencia y seriedad científica adoptando un ropaje pseudodarwiniano, muy influyente entre pensadores y gobernadores occidentales hacia fines del siglo XIX e inicios del XX (Hofstadter, 1955; Dobzhansky, 1969a, pág. 165-166; Harper, 1977; Burnie, 2000, pág. 180). Se basó en esta interpretación inexacta de la selección natural y en la frase de Herbert Spencer "*supervivencia de los mejor adaptados*", utilizada por movimientos nacionalistas e imperialistas, entre otros por los militaristas alemanes durante la primera guerra mundial, y por magnates como Andrew Carnegie (1835-1919), John D. Rockefeller (1839-1937) y otros para avalar sus excesos como parte de una gran ley de la naturaleza, considerándose "los más eficaces" (Milner, 1995, págs. 96, 119, 184; Torres, 1995, pág. 50). Evidentemente se trata de una injustificada extrapolación, porque la verdadera selección natural se trata de un proceso muy diferente, basado en la transmisión diferencial de los genes en una población. Las ideas del "darwinismo social" habían sido planteadas en realidad explícitamente mucho antes por autores como Thomas Hobbes (1588-1679), en 1640 y Bernard de Mandeville (1670-1733), en 1705 (Lewis, 1968, pág. 104). En los años previos a la publicación de "*El Origen de las Especies*", estas ideas racistas fueron divulgadas por Joseph Arthur en su "*Desigualdad de las razas humanas*" (1853), libro en que sitúa a los arios en la cúspide, y por el psiquiatra francés Benedict Augustin Morel (1809-1873), en su "*Traité des dégénérescences physiques, intellectuelles, et morales de l'espèce humaine, et des causes qui produissent ces vérités malades*", libro en el que opina que los entornos desfavorables producen degeneración hereditaria (Alonso, 2002, pág. 95). El término "*selección natural*", acuñado por Charles Darwin para explicar el mecanismo evolutivo, pasó así desde la biología al lenguaje común, a la teoría sociopolítica y a la economía, con sentidos diferentes, totalmente ajenos a la ciencia (Ayala, 1999, pág. 20).

El escritor inglés Samuel Butler (1835-1902), que escribió varios textos acerca del evolucionismo, criticó a la selección natural darwiniana en “*Erewhon*” (Butler, 1872), una sátira donde sobreviven los más fuertes, hombres o máquinas. Varios autores resaltaron la cooperación entre los organismos y buscaron reemplazar la teoría darwiniana de “*lucha*” por otra en la que los factores evolutivos fueran el altruismo y la ayuda mutua. El más famoso de ellos fue el príncipe anarquista ruso Piotr A. Kropotkine (1842-1921), quien publicó un conocido libro sobre el tema (Kropotkine, 1915) inspirado por una conferencia del zoólogo ruso Karl Fiodorovic Kessler, entonces decano de la Universidad de San Petersburgo. Plantearon ideas similares el teólogo y científico escocés Henry Drummond (1851-1897), el escritor inglés Kenneth Walker (1882-1966), el naturalista Walder Clyde Allee (1885-1955) y la antropóloga inglesa Ashley Montagu (1905-1999) (Walker, 1944, pág. 45; Allee, 1951; Montagu, 1952; Bowler, 1985, págs. 67-68). En fechas recientes, el japonés Kinji Imanishi (1902- ), profesor emérito de la Universidad de Kyoto, también ha insistido en que en la naturaleza los individuos cooperan, practicando el mutualismo más que la competencia (Thuillier, 1986). Por su parte, Lynn Margulis y Dorion Sagan (1995) han descrito la evolución de la vida sobre la Tierra a partir de la interacción continua, coevolución e interdependencia de diferentes tipos de microorganismos. La idea de la importancia de la cooperación dentro del mecanismo evolutivo ha sido ampliamente desarrollada por Tom Wakeford (2001), de la Brunel University, en West London.

No faltaron las críticas sarcásticas a estas opiniones: “*Hace algunos años un ruso famoso y de corazón tierno, Kropotkin, escribió un libro encantador titulado Ayuda Mutua. Trató de mostrar, en un esfuerzo valiente, recogiendo muchas anécdotas sobre los animales, que la naturaleza es a menudo benévola, que los animales con frecuencia llevan a cabo actos de bondad y que se tienen cariño. Empero, por muy nobles que fueran sus intenciones, los argumentos que empleó harían sonreír a la mayoría de los naturalistas y muchas de sus anécdotas deberían en realidad figurar en algún libro de cuentos para niños*” (Morgan, 1949, págs. 120-121).

Sin embargo, la selección natural no es ni egoísta ni altruista, sino oportunista: como hemos señalado, la vida se promueve a veces mediante competencia y otras veces mediante cooperación. Los fenómenos de “*apoyo mutuo*” que describieron Kropotkine, Allee y Montagu, como colaboración entre organismos, son también ejemplos de selección natural, porque favorecen la propagación de genes o asociaciones de genes. Como explica Stebbins (1978, pág. 68), “*el combate físico, que provoca la muerte de los individuos ineptos, es una de las formas menos frecuentes de la lucha por la existencia*”.

Por último, debe considerarse que en *“El Origen de las Especies”* de Charles Darwin también se encuentran ejemplos de “apoyo mutuo”. Ya en el primer capítulo se refiere al muérdago, planta que depende de insectos para la polinización y de aves para su diseminación, y además Darwin planteó la idea de la “selección de parentesco” para explicar el altruismo en los insectos sociales, idea que han retomado los sociobiólogos.

#### 17.4.6. Los significados de “causa”, “propósito”, “diseño” y “azar”

Eugenie C. Scott (1999) ha hecho notar que diferentes significados en el lenguaje científico y el lenguaje común de palabras como “causa”, “propósito”, “diseño” y “azar”, utilizadas usualmente en la enseñanza de la evolución biológica, pueden llevar a exacerbar el antievolucionismo de algunos alumnos, debido a que estas palabras presentan para ellos significados existenciales.

Los biólogos reconocen causas próximas o inmediatas y causas últimas o indirectas. Paul Weiss (1947, pág. 524) expresa: *“Todos los sistemas biológicos tienen un aspecto dual. Son mecanismos causales y al mismo tiempo productos de la evolución... Es posible que la fisiología desee aferrarse a los fenómenos repetitivos y controlables, dejando para otros las causas singulares y no repetitivas de la evolución histórica”*. Ernst Mayr (1992, pág. 65) ejemplifica esta idea claramente: *“la causa próxima en el dimorfismo sexual en el plumaje de las aves es la diferencia hormonal; la causa última es la selección sexual”*.

Las personas en general no tienen dificultades en reconocer estos niveles causales, pero cuando se plantean preguntas con connotaciones existenciales, como el caso de la evolución biológica, tienden a invocar causas sobrenaturales o divinas, y concluyen que si la diversidad de especies surgió mediante la evolución biológica ello implica que Dios no existe, y en tal caso la vida carece de significado o de propósito, y por lo tanto la aceptación de la evolución los llevaría a una crisis existencial (Scott, 1999). Otros estudios han llegado a conclusiones similares (Brem, Ranney y Schindel, 2002). En consecuencia, los alumnos deben entender que las teorías científicas entregan explicaciones a través de causas naturales (materialismo metodológico), pero que este tipo de explicaciones no lleva necesariamente a la conclusión de la inexistencia de Dios (materialismo filosófico). Existen diversos niveles causales y la ciencia se limita a investigar las causas naturales de los fenómenos, por lo que no puede pronunciarse válidamente sobre posibles causas últimas o sobrenaturales.

Situaciones análogas se presentan con el uso en el contexto evolutivo de palabras tales como “propósito”, “diseño” y “azar”. En el lenguaje científico se utiliza el término “diseño” descriptivamente, para señalar las estructuras que colaboran en la realización de una función particular o propósito. Si el “propósito” del ojo es permitir que el organismo perciba visualmente su entorno, el “diseño” del mismo órgano (córnea, cristalino, iris, retina, músculos, etc.) permiten que tal órgano realice ese propósito. Sin embargo, los términos “diseño” y “propósito” tienen connotaciones teleológicas, de causación sobrenatural.

Muchas personas interpretan mal el concepto de “azar”. En el lenguaje científico se habla de “azar” para hacer referencia a lo que es indeterminable en un proceso, o lo indeterminable de su ocurrencia. También consideramos que interviene el azar cuando se produce un suceso sin que exista una causa conocida que lo provoque o no seamos capaces de predecir su desarrollo. Se usa el concepto del azar en relación con sucesos que se espera ocurran con igualdad de probabilidad en sentidos diferentes: decimos que es un resultado al azar el que una moneda quede con la “cara” o con el “sello o cruz” hacia arriba después de ser lanzada al aire, y en condiciones normales en una lotería cualquier cartón tiene iguales probabilidades de ser ganador, de modo que se trata de un “juego de azar”. Sin embargo, lo que en un cierto sentido o nivel es azaroso, en otro no lo es. Los resultados de la tirada de un dado o de una moneda al aire son considerados fenómenos al azar porque en condiciones normales no podemos preverlos, pero dejarían de considerarse azarosos si pudiésemos estimarlos, por ejemplo, conociendo la posición previa de la moneda o del dado en la mano, la fuerza y la dirección precisa del lanzamiento, el roce con el aire o la mesa, etc. Un terremoto se considera azaroso porque es impredecible, y se acepta que destruye al azar a los organismos, porque estos mueren independientemente de sus modos de vida, genotipos o adaptaciones. Sin embargo, con el avance de la ciencia podría determinarse con gran precisión su probabilidad, fecha de ocurrencia, localización y extensión y podría preverse la destrucción de cada organismo afectado si se conociera detalladamente sus ubicaciones. Las mutaciones son producidas al azar porque ocurren sin una orientación determinada, independientemente de las necesidades o deseos del organismo, y porque son impredecibles, aunque ocurran debido a causas concretas y conocidas. Los antievolucionistas aseguran que el evolucionismo plantea transformaciones de los organismos por azar, contrastando el “diseño” (creación) con el “azar” (evolución), y suelen sugerir que “azar” es sinónimo de “sin propósito”, por lo tanto mediante cálculos de probabilidades pretenden demostrar la existencia de un propósito divino: *“Los evolucionistas afirman que sistemas sumamente complejos, formados por numerosos componentes interrelacionados, pueden surgir mediante procesos fortuitos y sin propósito”* (Huse, 1996, pág. 84).

Incluso, los antievolucionistas señalan que la selección natural es un mecanismo “al azar”: *“La evolución con su teoría de la selección natural es una filosofía basada en el azar. Y la probabilidad de que ello sucediera es sumamente pequeña”* (Dickson, 1986, pág. 260). En realidad, la selección natural es un factor anti-azar. Como explica Julian Huxley (1963, pág. 57): *“Para resumir, la selección natural transforma la aleatoriedad en dirección, y el azar ciego en aparente propósito. Trabaja con la ayuda del tiempo para producir mejoramientos en la maquinaria de lo viviente, y en el proceso produce resultados de una improbabilidad más que astronómica, que no hubieran podido producirse de otra forma”*. Wolfgang Schwoerbel (1988, pág. 246) acota: *“la selección natural examina, prueba, filtra y favorece o rechaza. Incansablemente somete a todas las formas, antiguas y nuevas, a un continuo examen de aptitud, calificándolas según el baremo impuesto por el medio ambiente. A largo plazo, la selección natural no deja nada, absolutamente nada, al azar”*.

Los antievolucionistas pretenden “demostrar” la imposibilidad de la evolución mediante cálculos basados en las probabilidades, según los cuales por ejemplo la existencia de una sola determinada molécula proteica es altamente improbable (en Hoyle, 1984, págs. 12.-19; Dickson, 1986, pág. Huse, 1996, págs. 83-90). Sin embargo, lo extremadamente improbable se produce, y suele ser inevitable (Milner, 1995, pág. 57). Cada ser humano es el resultado altamente improbable de una serie de sucesos inverosímiles y azarosos. Dada la complejidad del material genético, biológicamente cada uno de nosotros prácticamente solo pudo ser hijo de sus padres (o del hermano gemelo de ellos), por lo cual son posibles las pruebas de paternidad basadas en el ADN. Pero una misma pareja de humanos puede engendrar teóricamente miles de millones de hijos diferentes, por las enormes posibilidades que tiene cada individuo de generar gametos distintos, y sus hijos reales son solo una pequeñísima muestra al azar. Para que pudiese existir cualquiera de nosotros, debió madurar un determinado espermatozoide de nuestro padre (el que nos entregó sus instrucciones genéticas) al mismo tiempo que aquel óvulo particular de nuestra madre que fue fecundado por dicho espermatozoide. Por influencia del azar cualquiera de esos dos gametos pudo no haberse formado, o haberse formado ambos pero en diferentes meses o años, o haber estado disponibles ambos en un momento en el que no pudo producirse aquel encuentro que nos dio origen (por ejemplo, antes que las personas precisas se conocieran), etc. Jean Rostand (1964, pág. 7) comenta: *“El número de combinaciones hereditarias a las que puede dar lugar la unión de dos seres humanos, no es inferior a centenas de trillones. De una sola pareja podrían surgir suficientes hijos diferentes para poblar, con su muchedumbre heterogénea, varios planetas tan grandes como el nuestro. Todo hombre ha tenido trillones de hermanos posibles”*.

A la improbabilidad asociada a la formación de gametos y fecundación específica en el nivel de nuestros padres debe asociarse la improbabilidad que hizo posible el nacimiento de todos sus ancestros. Debieron existir todos nuestros antepasados y haber vivido en los sitios y épocas precisas para que pudiésemos existir. Si alguno de nuestros abuelos no hubiese conocido a nuestra abuela, o hubiese escogido a otra pareja, no existiríamos. Esto es aplicable a todos nuestros ancestros, vale decir los cuatro abuelos, ocho bisabuelos, 16 tatarabuelos, y miles de otros. Hubiese bastado que cualquiera de nuestros miles o millones de antepasados no hubiese dejado descendencia para que no existiésemos. Si uno de mis bisabuelos hubiese decidido quedarse una determinada tarde en su casa en lugar de ir de compras quizás no hubiese conocido a la mujer con quién se casó. Considérese además que las decisiones que toma una persona influyen en la vida de muchas otras: Si la amiga de mi tatarabuela no hubiese organizado aquella fiesta en que ella conoció a mi tatarabuelo... Variadas condiciones (climáticas, económicas, políticas, epidemiológicas), marcaron la historia de los países, produciendo mayor o menor número de muertes o desplazamientos en diferentes épocas y direcciones, lo cual marcó las historias personales de sus habitantes. Sin embargo, aunque la probabilidad de la existencia de una sola determinada persona es prácticamente nula, en el mundo de hoy viven más de 6.000 millones de personas, y todos los días nacen miles de nuevos seres humanos, todos únicos e irrepetibles!. La existencia de cada ser humano específico es producto de la contingencia, y lo mismo puede decirse de la senda evolutiva (Gould, 1991). Lo que demuestran los cálculos probabilísticos de los antievolucionistas es que nunca nacerá dos veces un mismo individuo, nunca surgirá nuevamente una misma especie desde dos orígenes independientes, nunca se formará espontáneamente un ser humano u otro ser vivo mediante una simple asociación de elementos químicos al azar, así como tampoco los primeros seres vivos surgieron de esa forma, somos productos de la evolución biológica, proceso que incluye mecanismos anti-azar, como el surgimiento evolutivo de la información genética y la selección natural que actúa sobre ella.

### 17.5. El rechazo a la evolución biológica por motivos religiosos

No se pueden realizar cambios cognitivos importantes en los estudiantes si no se consideran factores relacionados decisivamente con su resistencia a las ideas sobre la evolución (Cobern, 1994). Una dificultad que enfrenta la enseñanza de la evolución biológica es el rechazo de estas materias por parte importante de la comunidad debido a motivos religiosos, lo cual ha provocado una fuerte y larga controversia sobre su enseñanza, especialmente en Estados Unidos (Nelkin, 1982; Larson, 1985; Kenkel, 1985; Eve y Harrold, 1990; Shankar y Skoog, 1993; Gillis, 1994; Irons, 1994; Futuyma, 1995; Gilkey, 1998; Scott, 1999; Woods y Scharmann, 2001; Molina, 2001).



A veces las preconcepciones de los alumnos respecto a la evolución biológica incluyen un fuerte rechazo basado en enseñanzas religiosas específicas al respecto (Lawson y Weser, 1990; Morin, 1998; Alters y Alters, 2001; Alters y Nelson, 2002; Blackwell, Powell y Dukes, 2003), porque de acuerdo con ciertos prejuicios religiosos, hay quienes sostienen que los libros sagrados, como la Biblia, tienen carácter científico.

A mediados de la década de 1980, se encuestaron a 979 estudiantes de colegios universitarios estadounidenses de diferentes clases sociales, razas y religiones a través de todo el país. La afirmación "*Hay plena evidencia científica contra la Evolución y a favor de la creación narrada en la Biblia*" fue aceptada por un 42% de estudiantes en Texas, 24% en California y 30% en Connecticut (Harrold y Eve, 1995). Los investigadores A. Almquist y J. E. Cronin (1988) informan los resultados del análisis de 2.100 cuestionarios sobre evolución humana entregados a alumnos de cursos de biología entre 1974 y 1983.

En distintas regiones de Estados Unidos, la afirmación "*los hombres de las cavernas se protegían de los dinosaurios merodeadores*" obtuvo una respuesta afirmativa entre el 34,8 % de los encuestados (en los estados del Este) hasta el 53,4% (en los estados del Sudoeste), y la frase "*La narración bíblica de la Creación de la vida por Dios como la describe el Génesis, es correcta*", obtuvo el apoyo en estas mismas zonas respectivamente del 15% y del 52%. A comienzos de la década de 1990, el 47% de los estadounidenses, incluyendo al 25% de los estudiantes de enseñanza media, estuvieron de acuerdo con la afirmación que el ser humano fue creado "*bastante similar a su forma actual en un tiempo dentro de los últimos 10.000 años*" y solamente un 9% aceptaban el punto de vista científico sobre la evolución (Sheler y Schroff, 1991, pág. 59; Gallup y Newport, 1991; Larson y Witham, 1997; Moore, 2001; Alters y Nelson, 2002).

En mayo de 1996, la *National Science Foundation* de Estados Unidos dio a conocer el resultado de una encuesta telefónica a 2.006 personas a quienes se realizaron preguntas básicas sobre ciencias. Una pregunta era: "*Los seres humanos como los conocemos hoy, se desarrollaron a partir de una especie más antigua de animales*". Sólo el 44 % de los encuestados contestó "verdadero" (Petit, 1996; Lipps, 1999, pág. 73). Una encuesta Gallup de 1997 indicó que un 68% de los estadounidenses pensaban que "el creacionismo debe enseñarse en los colegios públicos junto con el creacionismo, y otra encuesta señaló que casi el 40% pensaban que debía enseñarse el creacionismo en lugar del creacionismo (Greenwood y North, 1999 ).

Una encuesta efectuada en marzo del 2000 a nivel nacional, basaba en extensas entrevistas con 1.500 personas representativas de todos los segmentos sociales, indicó que el 79% del público piensa que el creacionismo debe enseñarse en el curriculum científico de las escuelas públicas de Estados Unidos (Glanz, 2000). El apoyo a este tipo de posiciones fundamentalistas parece estar incrementándose (Matthews, 2001; Moore, 2001).

Zoubeida R. Dagher y Saouma BouJaoude (1997) realizaron un estudio para analizar cómo estudiantes universitarios de biología de Beirut, Líbano, relacionan la teoría de la evolución biológica con sus creencias religiosas. Encontraron cuatro posiciones: (a) aceptación de las ideas evolucionistas utilizando argumentos desde una perspectiva de reconciliación; (b) no aceptación de la evolución, presentando argumentos religiosos o desde una perspectiva antievolucionista; (c) reinterpretación de la teoría de la evolución presentando argumentos desde una perspectiva de compromiso, y (d) neutralidad, reflejando alguna confusión.

En un trabajo realizado por Leandro Sequeiros y María Martínez Urbano (1990, págs. 45-51) sobre las representaciones mentales de alumnos españoles respecto a la vida en el pasado, se concluyó que coexisten representaciones científicas y no científicas sobre el tema creación/evolución, que los alumnos de 1° de EGB son mucho más creacionistas que los de 8°; que el 37,9% de los alumnos de la ESO son creacionistas, frente a un 20,6% del 8° EGB y que hay una fuerte influencia de representaciones míticas de origen religioso.

No solamente muchos estudiantes rechazan la evolución biológica, también lo hacen adultos, incluyendo profesores de biología (Simpson, 1961b; Nickels y Drummond, 1985; Zimmerman, 1987; Eve y Dunn, 1989; Eve y Dunn, 1990; Osif, 1997; Rutledge y Warden, 2000; Moore, 2001; Pigliucci, 2002; Moore, 2002a). En una encuesta realizada a profesores de Biología del nivel de Enseñanza Media en Indiana, se concluyó que 173 de 325 pensaban que la evolución es una “teoría” y no un “hecho” y que 163 de 330 pensaban que la evolución debía ser enseñada como una entre varias alternativas (Bergman, 1979, pág. 62). Los estudios señalan que un 43% de profesores de Ciencia de Estados Unidos apoya la enseñanza del creacionismo en las escuelas públicas en el nivel de enseñanza media (Eve y Dunn, 1990), también la apoya un 37% de los editores de periódicos en Estados Unidos (Zimmerman, 1990) y alrededor de un 56% de los profesores de Ciencia de toda la nación discrepa o duda de la afirmación de que la evolución sea un hecho (Pigliucci, 2002).

En Pennsylvania, un 39% de profesores acepta la “igualdad de tiempo” para el creacionismo (Osif, 1997), y el mismo porcentaje de profesores sostiene igual opinión en Ohio (Zimmerman, 1987) y Dakota del Sur (Tatina, 1989). Muchos profesores de ciencias sostienen creencias pseudocientíficas, por lo tanto son vulnerables a la influencia de los grupos que quieren reducir la enseñanza de la evolución (Haury, 1996). Muchos profesores, aunque aceptan el evolucionismo, prefieren no enseñar la materia porque la consideran un tema controvertido o son intimidados por los puntos de vista de sus alumnos (Shotwell, 1965). Por otra parte, los propios profesores de Biología de EE.UU. son producto del sistema educativo norteamericano, de modo que muchos de ellos que quieren enseñar la evolución en sus salas de clases simplemente no saben cómo hacerlo porque no recibieron la enseñanza adecuada al respecto (Pigliucci, 2002).

Mike U. Smith, Harvey Siegel y Joseph D. McInerney (1995, pág. 23) expresan: *“gran número de personas rechaza la teoría de evolución, y la comunidad educativa científica ha hecho poco para ayudar a los profesores a presentar la evolución de una forma que pueda mejorar esta situación”*.

La fuerte campaña contra la enseñanza de la evolución se justifica aduciendo que esta enseñanza se asocia con la declinación de los valores morales de la sociedad (Numbers, 1999, pág. 3; Blackwell, Powell y Dukes, 2003, pág. 59). Henry M. Morris desautoriza abiertamente a la biología evolucionista en su libro *“The Bible Has the Answer”* (“La Biblia tiene la respuesta”), en el que no sólo califica a la evolución de *“antibíblica y anticristiana”*, sino además de *“absolutamente acientífica, además de imposible”*, y la acusa de *“haber servido de base pseudocientífica para el ateísmo, el agnosticismo, el socialismo, el fascismo y numerosas otras filosofías falsas y peligrosas de los últimos cien años”*. En uno de sus textos, Henry M. Morris mantiene que *“los que aceptan que el hombre es un animal, apoyan animalidades tales como el amor libre, la droga, el divorcio, el aborto y un cúmulo de diversas nociones que contribuyen a la actual futilidad y desesperación humanas”* (citado por López-Fanjul y Toro, 1987, pág. 38). En el prólogo con el que presenta un libro de Whitcomb (1991, pág. 11), Henry M. Morris afirma: *“Hemos estado viviendo en una época de profundo escepticismo. Un siglo de filosofía evolucionista que, con su germen de naturalismo y ateísmo, ha producido los amargos frutos de la violencia, el amoralismo y la desesperación”*. El juez Braswell Dean, de la Corte de Apelaciones del Estado de Georgia expresó: *“La mitología del mono de Darwin es la causa de permisibilidad, promiscuidad, píldoras, profilácticos, perversiones, preñeces, abortos, pornoterapia, corrupción, envenenamiento y proliferación de crímenes de todos los tipos”* (Pierce, 1981; Moore, 2000, pág. 18).

En 1999, el representante republicano Tom DeLay afirmó que la enseñanza de la evolución se vincula con la violencia en los colegios, el control de la natalidad y el aborto (Moore, 2000, pág. 18). En síntesis, según los antievolucionistas más fanáticos la enseñanza de la evolución promueve el materialismo, el modernismo, el humanismo, el socialismo, el marxismo, el fascismo, el nazismo, el divorcio, el aborto, la homosexualidad, las enfermedades venéreas, la eutanasia, la eugenesia, la experimentación genética, la manipulación embrionaria, la clonación, la corrupción, las drogas, los problemas ambientales, la codicia, la inmoralidad, la lujuria, el militarismo, el racismo, el nudismo, y, en última instancia, el satanismo (Morris, 1963, pág. 83; Nelkin, 1982, Yelincic, 1998). No es necesario analizar aquí la seriedad de tal tipo de afirmaciones. Solo cabe comentar, como plantea Mayer (1984) que es lamentable que tras un largo siglo de evolucionismo, una parte importante de nuestra sociedad siga aferrada en forma acrítica a tesis antievolucionistas, con la actitud arrogante de la ignorancia, sin conocer el significado real de la evolución en el contexto de la ciencia moderna.

Es importante entender que por su propia naturaleza, la ciencia es necesariamente agnóstica, teológicamente neutral, por lo cual la teoría de la evolución biológica no implica ni niega la existencia de divinidades. Pero si bien la Ciencia es teológicamente neutra, los científicos pueden no serlo, por su opción personal en el plano de las creencias, terreno en el cual la ciencia nada puede opinar, de modo que existen científicos ateos y científicos creyentes, incluyendo a Charles Darwin, Albert Einstein y Theodosius Dobzhansky (Smith, Siegel y McInerney, 1995, pág. 35). El papa Juan Pablo II, Karol Wojtyla (1920-), expresó: *“La ciencia puede purificar a la religión del error y la superstición ... la religión puede purificar a la ciencia de la idolatría y falsos absolutos”* (citado por Sheler y Schrof, 1991, p.58). Es interesante constatar que la aparente incompatibilidad de la religión con el estudio científico del origen de las especies es una idea relativamente moderna. El sacerdote Philip Napier Waggett (1862-1939) escribió: *“No hay pruebas de que en la Edad Media la fe religiosa prohibiera investigar el origen natural de las diferentes formas de vida. Bartholomaeus Anglicus, un franciscano inglés del siglo XIII, fue un mutacionista, como Aristóteles, “el Filósofo” de los maestros cristianos, también lo había sido. Más tarde, en el siglo XVII, el origen de las especies y la generación espontánea no tenían una conexión teológica, como se puede ver no solo en los primeros trabajos de la Royal Society, sino también en un escritor tan moderado y piadoso como Walton”* (en Seward, 1909, pág. 487).

Diversos investigadores estiman que el rechazo a la idea de la evolución biológica por motivos religiosos puede enfrentarse analizando con los alumnos las características de la investigación científica y pidiendo que los alumnos expresen sus dudas. Lawrence C. Scharmann (1993) sugiere que los profesores utilicen la estrategia de discusión en pequeños grupos de pares para que los estudiantes relaten abiertamente sus conocimientos y actitudes en relación con la ciencia y la religión.

## 17.6. El carácter científico de la Evolución Biológica

El rechazo o la incredulidad de los estudiantes sobre la evolución biológica también provienen de las concepciones alternativas epistemológicas, las ideas que el estudiante tiene sobre la evolución y el creacionismo en relación con la naturaleza de la ciencia y de las teorías científicas (Duschl y Gitomer, 1991; Smith, Siegel y McInerney, 1995; Firenze, 1997; Rudolph y Stewart, 1998).

### 17.6.1. La naturaleza de las teorías

La evolución biológica se suele presentar como una “*teoría*”, lo cual es correcto, pero se hace en un contexto en el cual “*teoría*” se utiliza según el lenguaje popular, significando “*especulación*”. Prominentes líderes estadounidenses, incluyendo a gobernadores, como Frank D. White (1933-2003), Gobernador de Arkansas en 1981 (Eve y Harrold, 1990) y un Presidente de la República, como Ronald Reagan (Edwards, 1980), han utilizado el argumento del carácter no científico de la evolución biológica porque es “*sólo una teoría*”. Las teorías son síntesis de grandes e importantes conjuntos de información sobre algún tipo de fenómenos naturales relacionados, o un cuerpo de conocimientos y los conceptos explicativos que buscan aumentar nuestro entendimiento de un fenómeno de la naturaleza (Moore, 1984). Puede definirse una teoría como un principio científicamente aceptado, apoyado en general por un conjunto de pruebas sustanciales que proporcionan una explicación de los hechos observados y una base futura a discusiones o investigaciones (Lincoln y cols., 1995). En la confusión del significado de “*teoría*” se centra gran parte de la campaña antievolucionista de los grupos fundamentalistas, por lo tanto puede reducirse la resistencia de los alumnos a aceptar la evolución biológica discutiendo la naturaleza de la ciencia, para lo cual se pueden adoptar algunas sugerencias de Clough (1994), tales como: clarificar el uso de la palabra “*teoría*”, explorar la naturaleza de las verdades científicas, privilegiar la comprensión conceptual en lugar de las creencias, clarificar cómo la comunidad científica establece el conocimiento científico, clarificar que la ciencia entrega explicaciones naturalísticas de los fenómenos y explicar la naturaleza de las anomalías en las teorías.

Una discusión intelectualmente honesta sobre estos aspectos produce un clima de mutuo respeto, lo que Clough estima necesario para la integración en el aula de la evolución y la naturaleza de la investigación científica.

### 17.6.2. Características de la Ciencia darvinista

Desde la publicación de *El Origen de las Especies*, hubo quienes afirmaron que no se ajustaba a los criterios científicos. Adam Sedgwick (1785-1873), por ejemplo, dijo que “*la teoría de Darwin no es inductiva – no se basa en una serie de factores reconocidos*” y que el método de Darwin “*no es el verdadero método baconiano*” (Ruse, 1983, pág. 297; Cohen, 1985a). En Inglaterra, Francis Bacon había escrito acerca del método científico, que de acuerdo con su criterio debía comenzar con los hechos y, por un proceso de inducción, llegar hasta una explicación.

Pero a mediados del siglo diecinueve, aparecieron en las ciencias nuevas estructuras teóricas. En las teorías atómicas de la materia, de la onda de luz, en la teoría cinética de los gases, en la de la evolución de Darwin, la metodología no era tanto inductivista como hipotético-deductiva. Con la hipótesis de la selección natural se pudieron unificar una serie de fenómenos biológicos que previamente habían sido considerados independientes entre sí: el registro fósil, la extinción, la distribución geográfica de las especies, y las dificultades de la clasificación. Estas hipótesis hipotético-deductivas eran muy eficaces, pero transgredían la opinión popular de la ciencia baconiana. Investigadores como Ernst Mayr (1992, págs. 23-24) y Michael Ruse (1983, págs. 220-229) han demostrado que Charles Darwin trabajaba con un método científico moderno, con modelos y técnicas hipotético-deductivas.

Henry Fawcett le informó a Charles Darwin que en opinión del filósofo de la ciencia británico John Stuart Mill (1806-1873), “*su razonamiento se encuentra de principio a fin en la más exacta conformidad con los estrictos principios de la lógica*”, agregando que “*el método de investigación que Darwin había seguido es el único apropiado para semejante materia*” (citado por Cohen, 1985a). Sin embargo, Mill también afirmó que la teoría darvinista no era tan absurda como parecía ser, pero que sus creencias religiosas le impedían aceptarla sin reparos (Ruse, 1983, pág. 296). Curiosamente, el escritor antievolucionista Paulino Canto Díaz asegura que John Stuart Mill vivió entre 1773 y 1836 (Canto, 1996, pág. 33) y sobre el mismo filósofo acota: “*muerto precisamente en mismo año del regreso de Darwin de su aventura a bordo del Beagle*” (hecho que ocurrió efectivamente en 1836). Su padre, el historiador y filósofo James Mills, vivió entre 1773 y 1836!

En opinión del filósofo Daniel C. Dennett (1999, págs. 67-88), la selección natural fue presentada por Charles Darwin bajo la forma de un proceso algorítmico, de manera que se deduce mediante un argumento formal: *si se cumplen determinadas condiciones, entonces se asegura un determinado resultado*. Demostró lógicamente que un cierto tipo de proceso llevará necesariamente a un determinado tipo de resultado, y demostró empíricamente que en la Naturaleza se dan las condiciones requeridas para que ocurra el proceso. Este tipo de razonamiento, científicamente válido, no coincide con el modelo nomológico-deductivo estandarizado antiguamente como el método único de la ciencia, basándose en la física de Isaac Newton y Galileo Galilei. El principal error de algunos metodólogos de la ciencia que criticaron la obra de Charles Darwin fue creer que todo conocimiento científico válido debía derivar de ciertos estándares basados en tal modelo (Hull, 1973).

Según algunos autores, el paso desde las ideas predarwinistas acerca de la evolución hacia las ideas darwinistas, y análogamente desde las concepciones intuitivas de los estudiantes a las ideas científicas, corresponden a la transición entre un modelo de hacer ciencia a otro (Rudolph y Stewart, 1998, pág. 1084). Según Philip Kitcher (1993, pág. 34), Charles Darwin cambió la práctica de la biología mediante *“una tesis metodológica acerca de la validez de ciertas clases de teorías científicas”*. El biólogo evolucionista Stephen Jay Gould (1986, pág. 60) consideraba que el mayor impacto de la obra de Darwin fue la prominencia dada a la metodología histórica como base para un *“segundo estilo de ciencia”*, porque Charles Darwin enseñó cómo y por qué estudiar la homología y el concepto más general de la contingencia (o del cambio dependiente de la acumulación de cambios) como los medios de hacer inteligibles sistemas complejos. El segundo estilo de ciencia es el resultado del método histórico de investigación utilizado por Charles Darwin y por Charles Lyell, respuesta apropiada a la necesidad de extrapolar acontecimientos observables a través del tiempo y lugar en escalas inobservables. Los cuatro principios predominantes de este método son: el uniformismo (“el presente como clave del pasado”), la substitución del lugar por el tiempo, la interpretación de relictos, y una taxonomía característica que relaciona el razonamiento causal con las categorías explicatorias.

G. V. Platonov (1963, pág. 327) comenta: *“La aplicación profunda y multilateral del análisis y de la síntesis, de la abstracción y de la generalización, permitieron a Darwin no quedar limitado al método comparativo que predominaba en la biología de su época, ni tampoco al método experimental, que entonces estaba naciendo. Sin rechazarlos, Darwin los completó con otros métodos nuevos: el método histórico, que permitía conocer las causas de los fenómenos que llamaban la atención de los científicos desde hacía tiempo”*.

Es importante que los alumnos sepan que la actividad científica no sigue secuencias rígidas. Hodson (1999, pág. 74) explica: “*En la realidad, hacer ciencia es una actividad desordenada e impredecible que exige que cada científico invente y desarrolle su propio curso de acción. En ese sentido, la ciencia no tiene un método único, ni un conjunto de reglas o secuencia de pasos que pueda y deba aplicarse a todas las situaciones. No obstante, esto no quiere decir que la ciencia no tenga métodos. Claro que tiene métodos, pero la naturaleza precisa de esos métodos depende de circunstancias particulares como la naturaleza del problema, el fenómeno o acontecimiento que se escruta, la comprensión teórica del indagador, el hardware disponible, etcétera*”.

Según John Alexander Moore (1915- ) la ciencia presenta como principales características: basarse en datos recogidos en el campo o laboratorio mediante observación o experimento, reunir datos para responder preguntas y observaciones para respaldar o refutar conjeturas, emplear métodos objetivos, desarrollar hipótesis consistentes con las observaciones y compatibles con el marco conceptual general, las hipótesis deben ser potencialmente verificables, sus generalizaciones deben tener validez universal en el dominio de la ciencia en cuestión, los datos o descubrimientos deben ser confirmados por otros investigadores, sus teorías deben perfeccionarse continuamente, substituyéndose las teorías defectuosas o incompletas, y solucionarse problemas anteriormente inexplicados (Moore, 1993). De acuerdo con estos criterios, el darwinismo es claramente científico. Charles Darwin se interesaba en la filosofía de la ciencia y aplicó conscientemente al respecto las ideas de John Herschell (1792-1871) y William Whewell (1794-1866). La filosofía darwiniana es la de un positivista lógico, aplicó la lógica deductiva y una apropiada verificación empírica (Gough, 1978). Avanzó hipótesis en varios campos del conocimiento (geología, morfología, fisiología) y las sometió a pruebas. Michael Ruse (1979, pág. 115) sostiene que no hay nada que justifique una separación entre las explicaciones evolucionistas y las fisicoquímicas.

### 17.6.3. Supuesta tautología de la Selección Natural

En 1890, el obispo de Carlisle (Ridley, 1987, pág. 44), y más tarde el historiador de la Ciencia Sir William Cecil Dampier (1867-1952) criticaron la frase “*supervivencia del más apto*”, utilizada para definir a la selección natural. Esta frase fue acuñada por el filósofo Herber Spencer, y utilizada posteriormente por Charles Darwin, en 1868 (en “*Las variaciones de los animales y las plantas bajo domesticación*”) y a partir de la quinta edición (1869) de “*El Origen de las Especies*” (Álvarez, 2000, pág. 335).



Los críticos de la frase señalada, opinaban que debe considerarse como el más apto al que se adapta mejor sobreviviendo, por lo tanto apto es el que sobrevive y el que sobrevive es el apto (Dampier, 1929). La misma crítica realizó John B. S. Haldane (1935). Otro biólogo prestigioso, el embriólogo Conrad Hal Waddington (1905-1975), de la Universidad de Edimburgo, afirmó respecto a la selección natural: *“en efecto, meramente afirma que los organismos que dejan más descendencia son aquellos que dejan más descendencia. Esto es una tautología”* (En *The Listener*, London, 13 Feb 1952, citado por Arthur Koestler, 1971, pág. 30). Más tarde, el mismo autor (Waddington, 1960, p. 385) escribió: *“La selección natural, que al principio fue considerada como si fuera una hipótesis que necesitaba de la confirmación experimental o mediante observación, resulta en una inspección más cercana ser una tautología, una declaración de lo inevitable a través de relación previamente desconocida. Dice que los individuos más aptos de una población (definida como los que dejan mayoría de descendientes) dejarán la mayoría del descendientes”*.

Del mismo modo, refiriéndose a la selección natural, M. Grene escribe: *“¿Con qué nos enfrentamos? Una vez más con tautología: después de todo lo que sobrevive, sobrevive... Cuando se resume la teoría en una fórmula para medir las proporciones génicas diferenciales, se obtiene un teorema de aplicación universal, porque está vacío, que lo abarca todo porque expresa una simple identidad”* (Grene, 1974, pág. 86). La denuncia acerca de la supuesta tautología de la selección natural se hizo habitual, habiendo escrito al respecto autores como Murray Eden (1967), A. D. Barker (1969), Tom Bethell (1976), R. H. Peters (1976), Ariel A. Roth (1977) y C. K. Waters (1986), que también argumentaron la circularidad de la misma expresión. Incluso Tom Bethell llegó a afirmar que *“la Selección natural fue silenciosamente abandonada, incluso por sus más ardientes defensores, hace algunos años”*.

Retomando esta idea, el filósofo de la ciencia Karl Raimundus Popper (1902-1994) calificó inicialmente a la selección natural en forma peyorativa como teoría tautológica o cuasi-tautológica y no científica, al explicar la evolución mediante la supervivencia del más apto. Escribió: *“No parece haber mucha diferencia - si es que la hay - entre decir “los que sobreviven son los más aptos” y la tautología “los que sobreviven son los que sobreviven”. Esto es así porque me temo que no hay más criterio de aptitud que la supervivencia efectiva, de manera que del hecho de que haya sobrevivido un organismo concluimos que era el más apto o el más adaptado a las condiciones vitales”* (Popper, 1982, pág. 233). Afirmó que *“el darwinismo no es una teoría científica contrastable, sino es un programa metafísico de investigación, un posible marco conceptual para teorías científicas contrastables”* (Popper, 1985, pp. 227).

Filósofos de la biología, como Michael Ruse (1976) o Elliott Sober (1996, págs. 124-126), y científicos como Stephen Jay Gould (1983a, págs. 41-48) o Mark Ridley (1987, págs. 44-46) demostraron que los críticos estaban equivocados, aclarando los conceptos implicados desde el punto de vista lógico, biológico y filosófico.

Karl Popper rectificó su posición acerca de la contrastabilidad del darwinismo, en su ensayo *Natural Selection and the Emergence of Mind*, basado en una conferencia pronunciada en el Darwin College de Cambridge en noviembre de 1977. Allí se refiere al estatuto científico de la teoría de la selección natural. Comienza diciendo que es una teoría muy potente pero que *"la afirmación de que explica completamente la evolución es desde luego audaz, y dista mucho de estar fundada"* (Popper, 1980 pág. 197). Reconoció que las dificultades en su contrastación le habían llevado a sostener que era una teoría tautológica, pero se retractó: *"En una conferencia sobre Darwin dada en el Darwin College de Cambridge he revisado mi posición en cierta medida. Dicho más exactamente: ya la había revisado antes, pero allí hice pública por primera vez mi opinión. Sostuve en esta conferencia que la teoría darwiniana de la selección sexual debe ser considerada como una especie de falsación de la teoría original de Darwin sobre la selección"* (Popper y Kreuzer, 1984, pág. 74).

Cuando los creacionistas se apoyaron en estas tesis de Popper para exigir que se enseñase la *"ciencia de la creación"* bíblica como una alternativa del darwinismo, Popper reconoció que en realidad la selección natural tiene carácter científico (Popper, 1978), opinión que recogen incluso algunos antievolucionistas (Johnson, 1995, págs. 30-32). La confusión inicial de Popper se debió a su ignorancia acerca de los aspectos más básicos de la biología evolutiva (Alvargonzález, 1996, pág. 214). Esta opinión es errónea por varias razones: la selección depende del potencial biótico, si no nacen más organismos de los que puedan sobrevivir y reproducirse, no hay selección.

La selección significa que en promedio los vencedores en la *"lucha por la existencia"* (quienes poseen cierta combinación de genes que les dan ventajas) diferirán genéticamente de los perdedores y el resultado de ganar o perder dependerá de esas diferencias. Los rasgos que causan éxito o fracaso en un caso producirán resultados análogos en otros, y ello es contrastable. Las características de la variación genética dentro de la población, interactuando con el ambiente, determina que variaciones o combinación son favorables (Gough, 1978, pág. 5). Se pueden utilizar criterios diferentes a la sobrevivencia para definir la adecuación (Gould, 1983a, págs. 41-48), el propio Charles Darwin los propuso: determinadas características morfológicas, psicológicas y de comportamiento pueden estimarse superiores *a priori* en relación con determinada forma de vida en ciertos lugares.

Sin embargo, tampoco se puede afirmar que *sobrevivirá* o que *dejará más descendencia* el *más apto*, simplemente se supone que sus *probabilidades* de sobrevivir y dejar descendencia son mayores que las de otros individuos de la misma población (Ghiselin, 1983, pág. 82). Como dice Dobzhansky (1966, pág. 113) “*es simplemente lo apto, y no lo “más apto” lo que sobrevive*”.

El bioquímico Christian B. Anfinsen señala que la frase “*supervivencia del más apto*” debe ser reemplazada por “*la supervivencia de la rama de una población que está lo suficientemente adaptada a su ambiente para vivir hasta procrear*” (Anfinsen, 1965, pág. 5). John Maynard Smith (1979, pág. 87) opina que para evitar la tautología podría reemplazarse por “*la supervivencia del adaptativamente complejo*”. J. M. Thoday (en Barnett y cols., 1966, págs. 188-189) comenta que, además, el proceso evolutivo requiere períodos largos y los ambientes cambian, por lo tanto *aptos son los que se adaptan a sus medios existentes y cuyos descendientes se adaptarán a los medios futuros*.

Norman D. Newell observa que la adaptación y la supervivencia son conceptos diferentes, y que para un determinado tipo de organismos en un ambiente dado podría documentarse la relación entre la presión de la selección natural y la adaptación de determinado rasgo, lo cual es difícil y laborioso, pero no imposible (Newell, 1985, pág. 167). Mark Ridley (1987, págs. 44-45) lo ejemplifica con el bien conocido caso de la mariposa *Biston betularia*, cuyas poblaciones se fueron obscureciendo gradualmente tras la contaminación con hollín de los árboles en que se posa. En este ejemplo, los argumentos relativos al camuflaje y la depredación suministran los criterios de supervivencia, y son verificables.

Robert Jastrow (en Darwin, 1987, págs. 17-18) argumenta que es falso suponer que “*apto es el que sobrevive y el que sobrevive es el apto*”, lo cual pone de relieve con el caso de los mantis, insectos en los cuales el macho es devorado por la hembra durante la cópula. Por otra parte, como la selección natural se postula para explicar la adaptación, la validez de cualquier argumento evolucionista al respecto debe demostrar que en el proceso está implicada la selección natural favoreciendo la adaptación, ambos aspectos pueden probarse empíricamente, y ni los cambios en las frecuencias génicas se deben en forma exclusiva a la selección ni la eficacia biológica es sinónimo de adaptación.

Francisco J. Ayala opina que el carácter tautológico de la selección natural se elimina al definir la adaptación en términos diferentes a la eficacia reproductora y observa que la selección natural a veces favorece variantes genéticas que reducen la adaptación de las poblaciones a su ambiente (Ayala, 1969; Ayala, 1989, págs. 156-157). López-Fanjul y Toro (1987, págs. 17-18) hacen notar que se atribuyen distintas eficacias a diferentes genotipos y, por reducción, a los genes que los componen, siendo la selección natural la reproducción diferencial de unos y otros. La acusación de tautología se desvanece al especificarse la eficacia asociada a los diferentes genotipos en términos probabilísticos referida a una población concreta y a condiciones ambientales específicas. Sin embargo, a pesar de todos los argumentos entregados en rechazo de la supuesta tautología, y del reconocimiento de Karl Popper de su error inicial, otros autores han seguido insistiendo en la supuesta “tautología” de la selección natural (Chauvin, 2000, págs. 59-72; Vallejo, 2002, págs. 27-65). Por todas las razones expuestas, la selección natural es una proposición científica válida. Además, la “*supervivencia del más apto*” es simplemente una frase descriptiva, un pequeño eslogan relativo a la selección natural y resulta absolutamente insólito que se quiera colocar en entredicho el estatuto científico de una teoría completa a partir del veredicto relativo a esta simple proposición (Sober, 1996, pág. 126). Una teoría es una construcción intelectual que debe prever todos los fenómenos u observaciones relacionados con el problema. Debe ser refutable, por lo tanto es científica si se puede concebir al menos un estado de hechos que sea incompatible con ella (Ghiselin, 1983, pág. 81; Devillers y Chaline, 1993, pág. 24).

Tras un detallado análisis del método seguido por Charles Darwin en sus investigaciones, Michael T. Ghiselin (1983, pág. 81) comenta que a diferencia de lo que inicialmente pensaba Karl Popper y sostienen los antievolucionistas, la teoría de la selección natural es refutable porque es posible concebir hechos incompatibles. John Maynard Smith (1979, págs. 88-89) opina que la evolución mediante selección natural podría ser refutada mediante observaciones que demostraran que sus supuestos básicos no se cumplen en todos los organismos o si se encontrasen modelos evolutivos inexplicables según esta teoría. Charles Darwin especificó que destruiría su teoría la existencia de un órgano en una especie solamente para beneficio de otra especie.

#### 17.6.4. La naturaleza no científica del “creacionismo científico”

A partir de lo señalado, se puede argüir el carácter científico de la teoría de la evolución biológica en general y del mecanismo de la selección natural, en cambio la pseudociencia del creacionismo directo es incapaz de generar predicciones verificables (Armstrong, 1999).

Cuando se hacen predicciones sobre la base del creacionismo directo y se demuestra que no se cumplen, o cuando hay evidentes pruebas a favor del evolucionismo, los antievolucionistas simplemente afirman que “*los juicios de Dios son insondables*”, que “*los caminos de Dios son inescrutables*” o frases similares. Por ejemplo, los monotremas son un orden de mamíferos muy primitivos que incluyen a los actuales ornitorrincos y equidnas. Presentan ciertas características particulares en su cerebro (ausencia de cuerpo calloso, cerebro liso o con escasas circunvoluciones), aparato genital (uretra independiente del pene, pene doble, testículos intrabdominales, cloaca, útero doble, glándula coclear en el tracto genital femenino), en el esqueleto (huesos coracoides, precoracoides, interclavícula, costillas cervicales, huesos epipúbicos), tienen miembros dirigidos lateralmente, ojos pequeños, termorregulación deficiente, son ponedores de huevos telolecíticos con cáscara que son incubados por la hembra y las crías se alimentan de leche producida por glándulas mamarias sin pezones (Grassé, 1955; Kowalski, 1981, págs. 249-254; Nadal, 2001, pág. 748). Estas características se interpretan como claramente reptilianas (los mamíferos evolucionaron a partir de los reptiles), sin embargo el antievolucionista Scott M.Huse, quien asegura incorrectamente que “*los evolucionistas sostienen que el ornitorrinco es un eslabón evolutivo entre los mamíferos y las aves*” (Huse, 1996, pág. 136), opina que “*En lugar de ser una forma transicional evolutiva, el ornitorrinco es otra demostración de la maestría de nuestro Creador, y, quizás, de su sentido de humor*”.

El escritor y naturalista inglés Philip Henry Gosse (1810-1888), miembro de la secta fundamentalista Hermandad de Plymouth, publicó en 1857 (dos años antes que “*El Origen de las Especies*”, de Charles Darwin), el libro “*Omphalos: An attempt to unite the Geological Knot*”, en el que aseguró que en la Creación aparecen vestigios de acontecimientos que en verdad nunca ocurrieron, que llamó “*procrónicos*”, que Dios eligió dejar fuera del tiempo. Los fósiles y los estratos geológicos, eran para Gosse artefactos procrónicos de un tiempo no-existente correspondiente a miles de años anteriores a la Creación. Planteó que el mundo fue creado con una historia para formar parte de un proceso natural en marcha y por lo tanto podía parecer que había tenido un pasado en realidad inexistente. Gosse razonaba que la naturaleza es un proceso cíclico, de modo que una gallina supone la existencia pasada de un huevo, y el huevo una existencia anterior de una gallina, pero el acto de creación rompía en algún punto el ciclo. De acuerdo con Philip Gosse, del mismo modo que Adán se creó con ombligo (el nombre del libro, *Omphalos*, significa “ombligo” en griego), los árboles del Paraíso se crearon con sus anillos de crecimiento, los animales adultos con las características distintivas de su edad, y esto se extendió a los fósiles, dando testimonio de antiguos acontecimientos geológicos que nunca ocurrieron, de un mundo “pre-creacional” ilusorio.

De manera que, según Gosse, ¡Dios engañaría a los paleontólogos sembrando fósiles de animales y plantas que no existieron, haciéndoles creer que las especies evolucionaron! (Gosse, 1857; Borges, 1941; Carter, 1959, págs. 51-52; Rouster, 1980; Pott, 1983; Simpson, 1985, págs. 210-211; Ruse, en Cherfas, 1983, págs. 7-8; Milner, 1995, pág. 488; Gould, 1995, págs. 85-96; Numbers, 1999, pág. 52; Gardner, 2001, págs. 15-23). Para su desilusión, pocos tomaron en serio estas ideas.

El reverendo y naturalista Charles Kingsley (1819-1875) calificó al libro de Gosse como un esfuerzo desesperado, afirmó que no podía *“abandonar la dolorosa y lenta conclusión a la que he llegado tras veinticinco años de estudio y creer que Dios había escrito en las rocas una enorme y superflua mentira”*, y opinó que el libro es *“..más propio para hacer infieles que para sanarlos. En efecto, ¿qué persona racional que sepa algo de geología, por poco que sea, no se verá tentado a decir: si las Escrituras sólo pueden ser reivindicadas mediante tamaño insulto al sentido común y a la realidad, abandonaré las Escrituras y me adheriré al sentido común”* (citado por Milner, 1995, pág. 488). Theodosius Dobzhansky (1969, pág. 22) comenta: *Son invulnerables a toda argumentación quienes prefieren creer que Dios creó por separado cada especie biológica en el estado en que las conocemos actualmente, pero dispuso las cosas de tal manera que nos llevaran a la conclusión de que eran resultado de un desarrollo evolutivo. Todo lo que se puede decir es que su creencia implica la blasfemia de atribuir a Dios un extravío espantoso”*.

Aún en la actualidad hay antievolucionistas que plantean la creación en estado “viejo” para justificar la inconsistencia entre el registro fósil y los seis días de la Creación bíblica. En abril de 1987, *Des Moines Sunday Register* publicó una carta firmada por Donna Lowers, en la que se señala: *“Si, creo que Dios creó el mundo en seis días. También creo que en un solo día creó árboles ya crecidos que contenían anillos que cualquier científico aseguraría que llevaban allí años. Creó depósitos de petróleo en las profundidades de la Tierra, que la naturaleza tardaría millones de años en procesar. Colocó fósiles acuáticos tierra adentro, y creó explosiones de estrellas para que nos maravillaran en el siglo XX...”* (reproducido por Gardner, 2001, pág. 22). Coincidentemente, en un libro antievolucionista se asegura: *“Con todo, obviamente, un Dios Creador podría haber operado fuera de las leyes de la Ciencia o podría haber creado las cosas en un estado “viejo”. Jesús transformó el agua en vino y multiplicó los panes y los peces, ambos casos implican la creación en un estado viejo”* (Muncaster, 2000, pág. 13).

La naturaleza empírica/observacional de la ciencia, sobre la cual se basa la posibilidad de falsación, es un aspecto que aluden los creacionistas para rebatir la naturaleza científica de las investigaciones sobre la evolución biológica, argumentando que como en la actualidad no se puede observar la formación de la Tierra o el origen de la vida, estos sucesos son esencialmente inverificables (Cavarnos, 1997, pág. 36), y por lo tanto el concepto de evolución biológica no es científico. Esta visión de la naturaleza empírica de la ciencia es estrecha, porque los cánones del método científico no requieren que se observe directamente a determinado fenómeno para aceptar su existencia, basta que puedan deducirse ciertas consecuencias observables que deriven del fenómeno hipotetizado (Siegel, 1981, pág. 98).

Análogamente, se podría aducir que ningún “creacionista científico” fue testigo de la creación instantánea de todas las clases de seres vivos hace seis mil años, pero los fundamentalistas plantean que sus creencias son científicas porque su testigo es Dios: *“Probablemente para el Doctor Leith el libro de Génesis no sea tan históricamente confiable como el evangelio de Juan, o por lo menos los hechos de creación registrados en los dos primeros capítulos de Génesis no encuadren dentro de las normas apropiadas para la verificación empírica porque no estaban presentes observadores humanos para estudiarlos. En otras palabras, el doctor Leith parece estar sugiriendo que Dios no es un testigo digno de confianza de lo que sucedió en el momento de la creación”* (Whitcomb, 1994, pág. 44).

Otros antievolucionistas han planteado la superioridad de sus afirmaciones sobre la Ciencia argumentando que: *“Una vez y otra hemos visto cambiar los libros de texto científicos – actualizando información, eliminando antiguos hallazgos y cambiando erróneas interpretaciones. Isaías 40:8 nos promete que la palabra de Dios nunca cambia, así como Dios nunca cambia”* (Lietha y Byers, 2000). ¡¿?!.

Las demandas de los fundamentalistas serían justas si existiera verdaderamente una *“ciencia de la creación”* como ellos afirman, pero no es así. Los fundamentalistas manifiestan que *“más de 600 científicos con un grado de maestría o doctorado en algún campo de las ciencias naturales pertenecen a la Sociedad para Investigación de la Creación”* (Gish, 1974, pág. 30). Si esta institución en 1974 contaba con 600 científicos, si se ha mantenido constantemente el número de 600 y cada uno de ellos ha publicado en promedio apenas un artículo científico al año sobre la materia, deberían existir al menos 18.000 artículos especializados publicados en apoyo de sus ideas.

Al menos, porque se supone que en 30 años su número habrá aumentado, que en 1974 llevaban algún tiempo de actividad en el tema, que existirán otros científicos con iguales planteamientos que no pertenezcan a dicha institución, especialmente extranjeros, o que pertenezcan a instituciones análogas, como las dirigidas por Morris y por Sergraves. El número de 600 es por lo tanto mínimo, porque según Wieland (1994, págs. 7-8) solamente en Estados Unidos los científicos profesionales que aceptan la “creación directa” son más de 10.000, en un país pequeño como Corea del Sur en 1993 habían más de 1.000 científicos la mayoría licenciados o doctores, y en Moscú los miembros con títulos científicos avanzados de una Sociedad Creacionista ascendieron al cabo de un año de su creación desde 10 a 120. ¿Dónde están esas miles de publicaciones?. La ciencia verdadera es abierta y pública, se basa en publicaciones realizadas de acuerdo al método científico y editadas en revistas reconocidas internacionalmente. Existen numerosas revistas especializadas que publican normalmente artículos biológicos con contenido evolutivo (*Evolution, Evolutionary Biology, Evolución Biológica, Journal of Molecular Evolution, Géobios, Paleontology, Paleobiology, Systematic Zoology, Journal of Vertebrate Paleontology, American Journal of Physical Anthropology, etc.*), los que además pueden encontrarse en numerosas otras publicaciones de historia natural, biología o ciencias, de carácter más amplio. ¿Dónde están las publicaciones especializadas de los antievolucionistas que nadie las conoce?, ¿Cuáles son sus revistas científicas?, ¿Son acaso esos folletos de divulgación llenos de especulaciones inexactas?.

En 1984, Eugenie C. Scott y Henry Cole examinaron mil publicaciones científicas en busca de artículos que apoyasen las ideas fundamentalistas, sin encontrar nada parecido a una prueba empírica o experimental del “creacionismo científico”. Descubrieron que los científicos profesionales antievolucionistas escribían acerca de temas como la preparación de alimentos, las tensiones que soportan los aviones y otros similares (Milner, 1995, págs. 152-153). Entre más de 135.000 propuestas de artículos científicos enviados a revistas para su publicación, Scott y Cole encontraron 18 escritos de científicos relacionados con el “creacionismo científico”. De ellos, 12 eran artículos en los que se polemizaba acerca de la enseñanza de las ciencias, los seis restantes presentaban “refutaciones” a la evolución, pero habían sido rechazados por incompetencia y falta de profesionalismo de sus autores. La situación es clara: no existiendo investigación alguna que avale científicamente la posibilidad de que las especies hayan surgido mediante actos separados de creación, tal idea no puede enseñarse en clases de Ciencias. De lo contrario, de aceptarse esta solicitud, en el futuro con igual fundamento en clases de biología, junto con las explicaciones científicas del desarrollo embrionario y el nacimiento de los seres humanos se podrían exponer en “tiempo igual” las ideas folklóricas de las cigüeñas que traen a los niños de París y aquella de los niños que nacen de los repollos!.



## 18. MODELOS DIDÁCTICOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Se han desarrollado distintas escuelas del pensamiento en relación a los modelos didácticos, basadas en diferentes marcos teóricos, algunas veces de forma explícita y en otros casos mediante planteamientos implícitos, de acuerdo a cómo ven los profesores su docencia. En la enseñanza de las ciencias los principales modelos didácticos utilizados en épocas recientes son los siguientes (Pozo, 1987; Perales, 1994; Fernández, y Elortegui, 1996; Nieda y Macedo, 1997; Osses, 1999):

### 18.1. Modelo tradicional de transmisión- recepción repetitiva

Es el modelo que utiliza el profesor tradicional, transmisor del conocimiento y de comunicación en forma unidireccional, predominante y firmemente asentado en la conciencia colectiva. Se basa en una concepción epistemológica de la ciencia como cuerpo de conocimientos definitivo y verdadero que se establece acumulativamente, y en un empirismo ingenuo, según el cual el conocimiento es una huella de la realidad que se almacena en la memoria de acuerdo con las leyes de la asociación (Pozo, 1987, pág. 235). Fomenta el aprendizaje reproductivo o meramente asociativo. La metodología es la lección magistral, expositiva y demostrativa, basada en la repetición de lo enseñado, asociación, contraste y deducción. Utiliza fundamentalmente pizarrón y vídeo y la documentación está dada por libros de texto y apuntes. Considera al alumno como agente pasivo, “*tabla rasa*”, acumulador de información, cuyo aprendizaje depende fundamentalmente de la actividad del profesor, protagonista indiscutido.

La guía para organizar y secuenciar las actividades es solamente la lógica de la disciplina científica, sin tomar en cuenta a los alumnos, que llegan teóricamente con la mente en blanco y van incorporando conocimientos de manera sumativa a medida que el profesor se los suministra mediante una exposición clara y ordenada. Se organiza un solo grupo de estudiantes. Los objetivos son impuestos por un escalón superior o por técnicos en diseño curricular. La programación considera contenidos preferentemente conceptuales, basados en objetivos cognitivos, reseñados en programas y estructurados en forma lógica. La evaluación es esencialmente reproductiva. Enseñar ciencias de acuerdo con este modelo requiere conocer bien la ciencia que se debe enseñar y adaptarla a la clase. Los ejercicios de aplicación de la teoría consisten en resolución de ciertos "tipos".

En sus versiones más extremas, carece de actividades experimentales o las prácticas son consideradas como actividades sin objetivos didácticos explícitos, sin significado para el alumno (Perales, 1994), usa las experiencias como apoyo al discurso, como ilustración y con carácter de aprendizaje técnico. La forma extrema típica es la “lección magistral”, el más antiguo y extendido método en la enseñanza universitaria, caracterizada por la exposición continua del conferenciante, mientras en general los estudiantes no hacen otra cosa que escuchar y tomar notas.

## 18.2. Modelo del descubrimiento inductivo

Se desarrolló en las décadas de 1960 y 1970, como reacción a la ineficiencia del modelo tradicional de transmisión-recepción, y como un intento de replicar las características del trabajo científico, considerando que el alumno es capaz de reelaborar el conocimiento de cada disciplina si se le pone en condiciones de recrear los momentos fundamentales de cada ciencia y en la concepción de que debe ser autónomo en el desarrollo de los procesos cognitivos principales, hipótesis, deducciones, planificaciones, etc. Se basa en una concepción epistemológica de la ciencia empírico-inductivista, que supone que la experiencia es la fuente del conocimiento científico, y en un inductivismo ingenuo, según el cual la mera aplicación de una determinada metodología como es la actividad práctica, permitirá conseguir efectos radicales en el aprendizaje o llegar a concepciones científicas avanzadas (Pozo, 1987, pág. 239; Campanario y Moya, 1999, pág. 181). Considera al alumno como el principal artífice del proceso enseñanza-aprendizaje.

El contenido es inductivo y preferentemente procesual. La programación se basa en pequeñas investigaciones de larga duración. Organiza el trabajo del alumno en forma individual o en pequeños grupos y concibe al papel del profesor como secundario. Utiliza como metodología la investigación por descubrimiento libre, con método de proyectos o centros de interés. Realiza actividades que sitúan al alumno en situación de rehacer los descubrimientos de la Ciencia y reconstruir el conocimiento, bajo la ayuda pero sin la guía del profesor (descubrimiento dirigido, semidirigido o autónomo). Los objetivos están marcados por los intereses de los alumnos. Aprovecha el valor motivacional de la experiencia directa, en el descubrir por sí mismo, con énfasis en la observación y experimentación. Prioriza la comunicación entre alumnos.

Utiliza como medios el material adaptado al trabajo de investigación y la dotación documental genérica con libre acceso a ella de todos los alumnos. La evaluación se centra esencialmente en los procesos.

Se asoció con una desvalorización de los contenidos y la materia disciplinar, de modo que la enseñanza de las ciencias se centró en el aprendizaje de procesos, en el ejercicio de una serie de fases perfectamente secuenciadas del método científico, comenzando por la observación, siendo independiente de los contenidos. Al buscar una solución única, convirtió a los trabajos prácticos en procesos muy dirigidos (Caamaño, 1992).

Los más severos cuestionamientos de este modelo surgieron desde el ámbito epistemológico, a partir de las aportaciones de Kühn (1971) y Toulmin (1977) sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia, la importancia de los paradigmas en la investigación y en la evolución de los conceptos científicos (Ausubel, 1968; Ausubel, Novack y Hanesian, 1983; Gil, 1983; Hodson, 1985; Millar y Driver, 1987), porque no coincide con las corrientes epistemológicas modernas, que han superado la visión empirista de la ciencia. Además, la concepción inductivista ingenua de la ciencia no tiene en cuenta el papel de las hipótesis y teorías como condicionantes de la observación (Gil, 1983), pues en toda investigación científica el método cobra sentido en función del problema que se investiga. El modelo del descubrimiento inductivo promovió una visión de la ciencia muy distorsionada, basada en una serie de suposiciones erróneas, por ejemplo que la ciencia se inicia desde la observación, que las observaciones científicas son fiables e imparciales, que la observación produce datos objetivos, sin valoraciones, que de los datos emergen generalizaciones, hechos y leyes, que de los datos se pueden inducir explicaciones bajo la forma de principios y teorías, que las teorías se pueden confirmar de manera directa e inequívoca mediante más observación y experimentación (Hodson, 1999, págs. 55-56). Su inductivismo extremo, su falta de atención en los contenidos y su insistencia en la actividad totalmente autónoma de los alumnos, limitaron su capacidad de proporcionar a los estudiantes una visión atractiva y accesible de las ciencias (Gil, 1993, pág. 198; Osses, 1999, pág. 21-22). Se trata de un modelo utópico, tanto respecto al seguimiento en el aula como a la posibilidad de que los alumnos descubran avances científicos significativos por sí mismos.

### **18.3. Modelo de aprendizaje por recepción significativa.**

Desarrollado por David Ausubel (1968) con sus colaboradores (D. Ausubel, J. Novak y H. Hanesian, 1983). David Ausubel hizo una fuerte crítica al modelo de descubrimiento inductivo y a los programas de enseñanza elaborados siguiendo ese modelo, y defendió este nuevo método de enseñanza expositiva o de transmisión-recepción, donde se recupera la importancia de la labor del profesor como garantía de la rigurosidad científica.

Para David Ausubel es fundamental el aprendizaje receptivo, porque es el más común, y es necesario analizarlo rigurosamente con el fin de mejorar el aprendizaje. Hay quienes lo criticaron por considerarlo como una vuelta a la enseñanza tradicional, porque plantea la asimilación de conceptos y no la participación de los estudiantes en su construcción, subyaciendo la concepción inductivista del carácter externo de los conceptos en relación con el sujeto que conoce. Sin embargo, se trata de un esfuerzo de síntesis entre las dos tradiciones anteriores, porque desde esta concepción la enseñanza expositiva se basa prioritariamente en dos aspectos: lo que el alumno sabe y la estructura conceptual del contenido, e incluye elementos propios de los procesos de investigación, tales como la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes y la integración de nuevos conocimientos en sus estructuras conceptuales. Abre la investigación sobre los conocimientos previos de los estudiantes y recupera la importancia de los contenidos científicos.

Plantea que el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información. Introduce la técnica de los mapas conceptuales con el fin de evidenciar los esquemas previos de los alumnos y la acción del aprendizaje en la modificación de estos esquemas. En la orientación del aprendizaje es importante conocer la estructura cognitiva del alumno, el conjunto de conceptos, ideas, proposiciones, estables y definidos que posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización. La labor educativa no se considera como una labor que deba desarrollarse con "mentes en blanco" o que el aprendizaje de los alumnos comience de cero, sino que éstos tienen una serie de experiencias y conocimientos que afectan su aprendizaje y pueden ser aprovechados para su beneficio.

Un aprendizaje es significativo si los contenidos se relacionan de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe, las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983, pag. 18). El aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información se conecta con un concepto relevante preexistente en la estructura cognitiva, de modo no arbitrario y sustancial, lo cual implica que las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de "anclaje" para las primeras. El desarrollo progresivo de conceptos se realiza a partir de los más generales e inclusivos y poco diferenciados, que posteriormente se van concretando y matizando, según un proceso de diferenciación progresiva, que, a su vez, genera una reorganización de la información denominada de reconciliación integradora.

Se acerca al trabajo de los científicos por el papel de guía del profesor, facilitador del aprendizaje, en lugar de las adquisiciones dispersas que proporcionan los descubrimientos incidentales del trabajo autónomo. La enseñanza expositiva que preconiza este modelo para lograr un aprendizaje significativo no logra solucionar el problema de la persistencia de los errores conceptuales, lo cual pone en duda que sólo mediante la enseñanza expositiva el alumno tenga tiempo para asimilar adecuadamente los nuevos contenidos. Parece necesario más tiempo para hacer significativos los conceptos, con actividades diseñadas especialmente para comprenderlos, relacionarlos y reforzarlos.

#### 18.4. Modelo constructivista

Desarrollado a partir de la década de 1980, se ha convertido en un consenso emergente de la enseñanza de las ciencias (Resnick, 1983). Tiene una fuerte base en la psicología evolutiva y de la instrucción, la epistemología y la historia de las Ciencias. Afirma que el proceso de aprendizaje consiste en la construcción activa de significados por parte de quien aprende, la comprensión supone establecer relaciones y todo aprendizaje está influido por conocimientos previos (Resnick, 1983). De acuerdo con la perspectiva constructivista, un buen aprendizaje se logra determinando lo que sucede en la cabeza del alumno y trabajando sobre sus esquemas mentales, el aprender es un proceso social en el cual los estudiantes dan sentido a sus experiencias en relación con lo que ya saben (Tobin, Tippins y Gallard, 1993, pág. 48). Los objetivos, basados en las ideas previas de los alumnos, resultan de un contrato discutido entre profesor y alumnos y tienen como fin los procesos, habilidades, actitudes y conocimientos. La programación es interdisciplinar y tiende a ser integrada, se basa en una planificación negociable, utiliza una planificación curricular abierta como hipótesis de trabajo, en construcción y contrastación permanentes.

De acuerdo con el constructivismo, existe la necesidad de plantear al alumnado la información partiendo de organizadores que faciliten la categorización y análisis de la nueva información y su conexión con aprendizajes anteriores. Deben detectarse las posibles carencias de información, los errores y las ideas previas que hagan tomar conciencia de su situación a los alumnos y facilite al profesor el conocimiento para ajustar la programación al punto de partida del grupo-curso y basarse en la experiencia de sus alumnos. En los modelos constructivistas, el profesor cobra un nuevo protagonismo como organizador del currículo, seleccionador de experiencias, presentador de teorías, supervisor de investigaciones. La comunicación está dirigida por el profesor, pero es modificada por la interacción con los alumnos. Utiliza la metodología de resolución de problemas por investigación y el descubrimiento guiado. Da prioridad a los procesos, se atiende más al cómo que al por qué. La relación entre los alumnos adquiere un papel importante.

Utiliza como medios material flexible y de elección abierta y como documentación la biblioteca de aula o libros variados, además del cuaderno o archivo personal del alumno. Incluye el planteamiento de problemas abiertos, incluso sin solución. Las actividades y experiencias son encargadas y guiadas por el profesor, relacionadas con el tema de trabajo, los alumnos eligen el diseño o lo hacen ellos mismos. La evaluación pasa a ser esencialmente formativa y funcional. Debe tenerse presente que no todo puede enseñarse “constructivamente”, este modelo se aplica especialmente para los conceptos más básicos e intuitivos. Según algunos investigadores, los avances de la neurociencia apoyan las orientaciones constructivistas, y muestran las limitaciones de los modelos de transmisión y de procesamiento de la información (Hendry y King, 1994; Anderson, 1997; Roth, 1998).

En sentido amplio, el constructivismo puede englobar al modelo de aprendizaje significativo y otras corrientes. Nicolás Marín (2003) reconoce diversos marcos teóricos que habrían dado origen a diferentes familias constructivistas, con apoyos y posiciones diferentes en planos con entramados conceptuales diferentes, desde la filosofía, psicología, epistemología de las ciencias, didáctica, etc. De ellos, los que han tenido una influencia significativa en el ámbito de la didáctica de las ciencias serían el constructivismo piagetiano, el humano, el radical y el social. El constructivismo piagetiano tuvo una gran incidencia en el diseño de proyectos para la enseñanza de las ciencias en la década de 1960. Se conformó a partir de las aportaciones del filósofo y pedagogo suizo Jean Piaget (1896-1980): niveles cognitivos, formación de las operaciones formales, teoría de equilibración, etc.

El constructivismo humano tuvo mayor influencia a finales de la década de 1970. Se fundamenta en la propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel, al que se agregaron otras propuestas didácticas, como los mapas conceptuales o la V de Gowin. El constructivismo social, denominado inicialmente *movimiento de las concepciones alternativas* se desarrolló a fines de la década de 1970. Se inició por el interés por mejorar la enseñanza de las ciencias usando principios sencillos, como la importancia de las concepciones específicas de los alumnos sobre los contenidos de enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en consonancia con la actividad científica.

A lo largo de la década de 1980 sus planteamientos fueron ganando adeptos, hasta tomar una posición hegemónica en la Didáctica de las Ciencias. El constructivismo radical, que tiene una posición epistemológica de corte idealista, promovió a comienzos de la década de 1990 cierta actividad especialmente vinculada con la especulación y confrontación filosófica. Dentro del modelo de orientación constructivista propiamente tal, o constructivismo social, existen varias tendencias en cuanto a estrategias de enseñanza.

Una de ellas es la del cambio conceptual, propuesta por autores tales como Hewson (1981), Nussbaum y Novick (1982), Posner y cols. (1982), Osborne y Wittrock (1983), Hewson y Hewson (1984), Driver (1988), Hodson (1988) y Giordan (1989). Plantean identificar las ideas previas de los alumnos y crear conflictos cognitivos que generen insatisfacción en los alumnos con sus ideas. Las estrategias del cambio conceptual se desarrollan en tres fases: 1. Elicitación de las concepciones de los alumnos, identificándolas y clarificándolas; 2. Reestructuración, mediante la puesta en cuestión de las ideas previas mediante el uso de contraejemplos (conflictos cognoscitivos que generan insatisfacción y preparan para la introducción de los conceptos científicos) y la introducción de las nuevas ideas mediante su presentación por parte del profesor o discusión entre los alumnos, y 3. Aplicación, proporcionando a los alumnos oportunidades para utilizar las nuevas ideas en diferentes contextos. Diversos autores otorgan diferente alcance al concepto de cambio conceptual, por ejemplo como “substitución de ideas”, como “captura conceptual” o como “canje o intercambio” (Oliva, 1999, pág. 98). Demastes, Good y Peebles (1995, 1996) estudiaron el cambio conceptual en el área de la evolución biológica, concluyendo que se necesita mayor investigación en el campo. Posteriormente volvieron a tomar el tema Wallin, Hagman y Olander (2000), quienes lograron en la mayoría de sus alumnos un cambio de conceptos sobre la evolución, detectado en un test realizado aproximadamente un año después de la enseñanza de la materia.

Se le criticó al modelo de cambio conceptual clásico por no poner suficiente atención a las formas de razonamiento que se asocian a las preconcepciones de los estudiantes (Gil y Carrascosa, 1985). A partir de estas críticas surgió la tendencia del cambio conceptual y metodológico, de acuerdo con la cual la modificación de conceptos debe acompañarse de un cambio metodológico, por lo cual las estrategias de enseñanza deben incluir explícitamente actividades que asocien el cambio conceptual con la práctica de la metodología científica (Gil, 1993, pág. 202). R. Duschl y D. Gitomer (1991) opinan que si hay que reestructurar los conceptos en forma profunda, se deben enseñar tanto los conceptos como los procedimientos involucrados en ellos. Otra crítica que se ha hecho al cambio conceptual es que la confrontación de las ideas incorrectas de los alumnos con las ideas científicas correctas no es coherente con la concepción constructivista (Gil y Martínez-Torregrosa, 1983; Driver y Oldham, 1986; Driver, 1988; Burbules y Linn, 1991), lo cual ha dado origen a la tendencia del cambio conceptual, metodológico y actitudinal, que plantea asociar explícitamente la construcción de conocimientos con problemas que tengan interés para los alumnos, evitando que los conflictos cognoscitivos adquieran el carácter de sucesivas confrontaciones entre las ideas incorrectas de los alumnos con las ideas correctas de los científicos, presentadas por el profesor.

Los componentes básicos de la enseñanza mediante este enfoque son las situaciones problemáticas abiertas, el trabajo científico en equipo y la interacción entre los equipos.

El esquema de la estrategia de enseñanza incluye varias etapas: 1. Plantear situaciones problemáticas que teniendo en cuenta las ideas de los alumnos, produzcan interés y entreguen una concepción preliminar de la tarea. 2. Proponer a los estudiantes estudiar cualitativamente las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones, con ayuda de la búsqueda bibliográfica, para acotar problemas precisos. 3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, mediante invención de conceptos y emisión de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución para la contrastación con hipótesis y resolución y análisis de resultados. 4. Lograr el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en diversas situaciones, con énfasis en las relaciones ciencia/técnica/sociedad, favoreciendo las actividades de síntesis, elaboración de productos y concepción de nuevos problemas (Gil, 1993, pág. 203).

Algunos investigadores hicieron notar que el modelo de cambio conceptual clásico descuida los aspectos afectivos y motivacionales que inciden en el aprendizaje y ser demasiado unilateral sobre la epistemología constructivista unilateral. Como respuesta a estas críticas surgió un movimiento que reúne las perspectivas individuales y socioculturales en la enseñanza de las ciencias (Hewson, Beeth y Thorley, 1998; Duit y Treagust, 1998).

Para facilitar un acercamiento constructivista en la sala de clases, el profesor debe desarrollar materiales en los que se comience por lo que ya saben los alumnos (Brumby, 1984) y que proporcionen situaciones estructuradas en las cuales los estudiantes examinan la validez de sus conceptos, los evalúen y someten a prueba (Grau, 1993). Los alumnos deben ser ayudados para que expresen sus modelos intuitivos de pensamiento y puedan discutirlos en pequeños grupos, centrándose especialmente en problemas que sean familiares o derivados de contextos cotidianos (Grau, 1993). Las contradicciones que los estudiantes pueden encontrar durante este proceso pueden proporcionarles la oportunidad de adquirir conceptos más apropiados.

Se debe proporcionar a los alumnos situaciones de aprendizaje que los ayuden a examinar sus concepciones alternativas y a que se sienten insatisfechos con ellas. Estos pasos pueden implicar centrar la atención de los estudiantes en observaciones, datos, o problemas que los hacen concluir que sus concepciones previas existentes no explican las observaciones, o que no son útiles para solucionar los problemas. Durante este proceso, los profesores deben ayudar a los estudiantes a pensar acerca de su insatisfacción y a analizar por qué sus conceptos ingenuos no son adecuados.



La discusión del profesor con los estudiantes es clave, debe desafiarse a los estudiantes a pensar y a hablar de sus ideas, considerar las relaciones y los contrastes entre sus ideas y las aceptadas ampliamente por los científicos. Debe ayudarse a los estudiantes a examinar nuevas ideas centrándose la atención en las observaciones, datos o problemas para ver si son útiles en explicar los contextos de resolución del problema en los cuales sus conceptos anteriores no son adecuados. Al practicar este proceso, los estudiantes se hacen más expertos en los procedimientos utilizados en la adquisición del concepto. Estos *elementos esenciales de la instrucción* son: 1. Los problemas deben plantearse de manera que requieran por parte de los estudiantes actuar sobre la base de sus creencias o procedimientos anteriores. 2. Esas acciones deben conducir a resultados ambiguos o contradictorios. Esto fuerza a los estudiantes a cuestionar sus creencias previas o los procedimientos usados anteriormente para generar los resultados. 3. Los estudiantes y el profesor deben proponer conceptos alternativos o procedimientos más eficaces. 4. Las creencias alternativas o los procedimientos más eficaces deben utilizarse para generar nuevas predicciones o nuevos datos que permitan el cambio de la creencia antigua o la adquisición de un nuevo concepto (Lawson, 1994, pág. 166). Debe tenerse en cuenta que las concepciones de los alumnos tienen distintos orígenes y características de coherencia, estabilidad y funcionalidad, varían desde las que se deben a un inadecuado tratamiento escolar, hasta las que actúan como obstáculos epistemológicos, desde nociones aisladas hasta otras que funcionan como teorías implícitas, su adecuado tratamiento requiere su diferenciación (Pedrinaci, 1996, pág. 35).

## 19. FACTORES QUE FAVORECEN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Las funciones que desempeñan el profesor y los alumnos durante la enseñanza/aprendizaje son fundamentales para que este proceso tenga éxito. Son fundamentales los aspectos organizativos del aula (dinámica de trabajo, clima del aula, instrumentos didácticos), así como las creencias y teorías implícitas del profesor en relación con la Ciencia (Saura, 1999, pág. 25).

### 19.1. Motivación

Una primera condición para el aprendizaje es que el alumno esté motivado; por muy buenas condiciones de aprendizaje que existan, no hay aprendizaje sin motivación. En el contexto educativo, se suele definir la motivación para el aprendizaje como *"el grado en que los alumnos se esfuerzan por conseguir metas académicas que perciben como útiles y significativas"* (Santos, 1990, pág. 56). La motivación se relaciona estrechamente con la actividad intelectual y formativa que genera el proceso de enseñanza aprendizaje.

Uno de los objetivos frecuentes de los profesores consiste en motivar a sus alumnos, y la falta de motivación es una de las explicaciones más habituales del fracaso escolar. La motivación sirve para despertar el interés del alumnado al introducir los temas que se van a trabajar y como una base para su adecuada estructuración. Si se logra motivar a los alumnos por las actividades de aprendizaje, el aprendizaje resultante dejará conocimientos, habilidades, vivencias y motivaciones, que incidirán positivamente en su comportamiento intelectual y en su actitud ante la búsqueda de otros conocimientos. Por el contrario, si el alumno no se motiva y estimula favorablemente, la desmotivación incidirá desfavorablemente en su interés por estas actividades y por adquirir los conocimientos.

Motivación e interés no son sinónimos, aunque pueden confundirse. Los psicólogos han dedicado mucho esfuerzo al estudio de los factores que determinan la motivación y a elaborar teorías que permitan entenderla para influir en la disposición de los sujetos hacia la realización de distintas tareas o actividades. Es necesario conectar los contenidos con los temas de interés de los alumnos y que mantengan su atención, haciéndolos próximos a la vida cotidiana, incentivar a los alumnos a hacerse preguntas, mantener una actitud positiva, centrar la exposición en puntos de interés. Debe tener en lo posible un carácter novedoso o ser planteados por los propios alumnos. Para motivar a los alumnos se pueden presentar situaciones que provoquen su interés bien porque respondan a sus experiencias y necesidades o por su significado imaginario y lúdico. Aunque los contenidos de las asignaturas de ciencias están en cierta medida impuestos por las necesidades de rigor y lógica de los conceptos, principios y teorías, el profesor dispone de un cierto margen en la elección de actividades de aplicación y en la selección de problemas y ejercicios, de modo que se pueden conjugar los aspectos motivacionales con los conceptuales.

## 19.2. Clima de Aula

Gran parte de los éxitos y de los fracasos de los estudiantes suelen relacionarse con el clima que se genera en el aula. Si se quiere potenciar la libertad intelectual, estimular el pensamiento crítico, la creatividad, la autonomía y la comunicación entre los alumnos, tomando como referente lo que se considera necesario y deseable, es necesario que el profesor tenga claro cuál debe ser el clima del aula adecuado, una sólida formación para definirlo y defenderlo, y la capacidad para crearlo, lo que supone cooperación entre el profesor y los alumnos. El profesor debe crear una atmósfera de clases abierta y amistosa e invitar a los alumnos a expresar y discutir sus ideas, y también introducir y apoyar las ideas científicas relativas al tema en desarrollo.

Debe mostrar a los alumnos que todas las ideas se considerarán seriamente. El alumno debe considerar que su estancia en el aula es interesante, debe sentirse cómodo, integrado en lo que se realiza. Debe asumirse que los errores son normales dentro del trabajo intelectual y que de ellos se puede aprender. Dado que el clima del aula depende tanto del profesor como de los alumnos, es importante establecer normas o acuerdos de funcionamiento comunes, decididos consensuadamente para regular la actividad en el aula (Saura, 1999, pág. 27).

### 19.3. El papel del Profesor

El profesor debe contribuir al desarrollo integral de sus alumnos, en sus dimensiones biológica, afectiva, cognitiva, social y moral, mediando y asistiendo en el proceso por el cual sus alumnos desarrollan conocimientos, capacidades, destrezas, actitudes y valores, en un marco de valoración y respeto por los derechos individuales y sociales. Aparte de su importancia en la generación del clima de aula, los profesores tienen varias responsabilidades. No sólo tienen que comunicar a sus alumnos los objetivos que se pretenden alcanzar, sino que han de esforzarse por lograrlos. Deben promover la comunicación en el aula, una mayor actividad, no "activismo", por parte de los alumnos y una cierta autonomía para ellos.

El profesor debe considerar que el alumno requiere de apoyo de acuerdo con la etapa por la que transita. Debe permanecer atento a las variaciones de interés y necesidades del alumno. Debe valorar la función de los contenidos en relación a sus finalidades en el aprendizaje y de acuerdo con la forma en que ha de interpretarlos como medios de planeación didáctica. El profesor tiene que estar en condiciones de adaptar y aceptar las limitantes y los términos en que está trabajando, para elaborar una comprensión apropiada a las metas que fije dentro del contexto general y que se enmarquen en los objetivos específicos de sus programas. (Chamizo, 1994).

De acuerdo con los modelos actuales, el profesor estructura y organiza el proceso de enseñanza aprendizaje, diseña las experiencias de aprendizaje, ofrece pautas y guías para llevar a cabo las actividades, facilita el proceso de enseñanza aprendizaje, sugiere, orienta y cuestiona, retroalimenta a los alumnos, los evalúa, amplía el nivel de conceptualización de los alumnos, mantiene el curso con los criterios de calidad requeridos y evalúa los procesos y los resultados.

Un aspecto fundamental de la tarea del profesor de Ciencias es guiar a los alumnos en el desarrollo de razonamientos científicamente válidos.

Un estudio de Lawson y Weser con estudiantes de un curso introductorio de biología de nivel universitario, reveló que los alumnos menos expertos en razonamiento probablemente poseen creencias no científicas, más que los estudiantes más expertos en razonamiento, y que las creencias no científicas de los poco expertos en razonamiento no cambian fácilmente por la instrucción, *"la instrucción deben centrarse en cómo mejorar las habilidades del razonamiento del estudiante así como en la enseñanza de los conceptos científicos"* (Lawson y Weser, 1990, pág. 605).

#### 19.4. Organización de los Contenidos

Los contenidos (conjunto de formas y saberes culturales que deben integrar los alumnos), deben asociarse con la concreción de los objetivos propios de cada etapa. La adecuada selección y secuenciación de los contenidos permite que exista armonía entre las metas y los medios que se utilizan para conseguirlas. Un plan de estudios debe construirse desde las ideas más simples a las más complejas, y desde las que requieren un nivel más bajo de comprensión a las más profundas. Los términos técnicos deben introducirse solamente después que los estudiantes han tenido experiencia con la idea, pues es necesario facilitar el pensamiento y la comunicación eficaz. El currículum debe apoyarse en contenidos y objetivos específicos, que potencien que los alumnos adquieran, individualmente y de modo interactivo, conocimientos, habilidades, instrumentos, actitudes, valores y normas necesarios para vivir en una sociedad culturalmente organizada, garanticen la adquisición de aprendizajes significativos y funcionales, en el marco de una propuesta educativa integrada y que respeten y promuevan su diversidad. Los materiales más altamente estructurados verbalmente son más efectivos en promover el aprendizaje (Boulanger, 1981, pág. 319).

La selección y adecuación de los contenidos a las distintas realidades, debe realizarse teniendo en cuenta las características de los alumnos, así como las del entorno. Si se quiere incidir en su pleno desarrollo e integración en la comunidad más amplia, deben hacer referencia a nociones, hechos, conceptos que deben adquirir; a los procedimientos, habilidades y estrategias que deben ir incorporando y actualizando; a las actitudes, valores y normas útiles tanto para el aprendizaje de los contenidos como para vivir en colectividad. Los contenidos deben ser accesibles a los alumnos, concitar su interés y proporcionarles una visión actualizada de la ciencia. R. Gagliardi (1986) propone centrar los contenidos de los cursos en los conceptos estructurantes, que deberían derivarse del análisis de las actuales teorías científicas y de su historia, lo cual a su juicio permitiría reducir los temas que se abordan y dedicar mayor tiempo a desarrollar las capacidades de los alumnos, lo que contribuiría a superar los obstáculos epistemológicos y a favorecer nuevos aprendizajes.

## 19.5. Trabajo grupal cooperativo

La dinámica organizativa del aula es un elemento fundamental en el proceso enseñanza/ aprendizaje, debe ser coherente con los presupuestos teóricos, favorecer el aprendizaje significativo y contribuir al logro de los objetivos propuestos (Saura, 1999, pág. 26). Para ello, debe cumplir ciertos requisitos, como por ejemplo ser flexible, no autoritaria, favorecer el trabajo responsable, el trabajo intelectual y la participación de los alumnos. De acuerdo con los modelos constructivistas, el trabajo se organiza en grupos variables y pequeños, formados de común acuerdo, que interactúan mediante debates, coloquios, comentarios, puestas en común, resolución cooperativa de problemas, etc.

El trabajo en grupos fomenta la creación de una atmósfera de cooperación y produce interacciones de calidad mediante el intercambio de experiencias y vivencias entre los alumnos, fomentando además actitudes y comportamientos sociables. K. Tobin y D. Tippins (1993) enfatizan la importancia de las interacciones sociales para el aprendizaje, plantean que el conocimiento de los alumnos es construido personalmente, pero mediado socialmente. Diversos investigadores han señalado los aspectos positivos del trabajo de pequeños grupos cooperativos en relación con el grado de participación y la creatividad, aspectos importantes cuando deben abordarse situaciones abiertas no familiares (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983; Coll, 1984; Solomon, 1987; Linn, M., 1987), lo cual redundaría en un mayor nivel de aprendizaje y mayor motivación, facilitando la construcción de conocimientos. El aprendizaje en grupo permite la interacción entre iguales y entre alumnos-profesor, se diseñan actividades colectivas, grupales y cooperativas tuteladas por el profesor, que deberá estimular, orientar, informar, etc. Este tipo de actividades son fundamentales para la adquisición de los contenidos actitudinales y resultan imprescindibles también para los conceptuales y procedimentales.

Un grupo cooperativo no es simplemente un grupo de alumnos trabajando juntos, en una organización cooperativa se ofrece y acepta ayuda, lo cual fomenta un mayor grado de compenetración e interdependencia entre los alumnos, en cambio en una organización competitiva la ayuda que se proporciona a un compañero puede perjudicar a quien la entrega. El nivel de aprendizaje que alcanzan los alumnos que trabajan con una orientación cooperativa de las tareas, suele ser mayor que el que obtienen los que trabajan de manera individual y que el que consiguen los que trabajan en un entorno competitivo.

Las actitudes negativas de profesores hacia el trabajo en grupo se originan generalmente en un desconocimiento de las formas eficaces de abordar este enfoque y en las consecuencias negativas que se derivan de la organización inadecuada del trabajo en equipos que no son realmente cooperativos. Existen técnicas de organización cooperativa de las tareas de clase, Grupos de Investigación, STAD, TGT, etc, con las que se intenta evitar el riesgo de que algunos alumnos no trabajen y se beneficien del esfuerzo ajeno. M. A. Santos ha revisado las ventajas e inconvenientes de las diferentes técnicas de trabajo cooperativo (Santos, 1990).

### 19.6. Perspectiva de indagación

La estrategia de enseñanza mediante indagación implica que los estudiantes realicen observaciones, planteen preguntas, examinen libros y otras fuentes, planifiquen investigaciones, recojan, analicen e interpreten datos, revisen sus conocimientos a la luz de las evidencias, propongan preguntas, explicaciones y predicciones, y comuniquen resultados, lo cual requiere destrezas tales como identificar suposiciones, utilizar el pensamiento lógico y crítico y considerar explicaciones alternativas (Jiménez, 1998). Entre las capacidades intelectuales que deben utilizarse están las capacidades de clasificación, de interpretación de gráficos, para formular problemas, para proponer hipótesis explicativas, para proponer hipótesis predictivas, para operar con un lenguaje preciso, establecer relaciones y utilizar analogías. El entrenamiento en el pensamiento científico, especialmente el uso de operaciones lógicas, es efectivo en la obtención de resultados cognitivos (Boulanger, 1981, págs. 317-319).

### 19.7. Instrumentos de Trabajo

Es importante utilizar de un modo adecuado los diferentes instrumentos de trabajo o recursos didácticos: materiales manipulables, textos, medios audiovisuales e informáticos, etc. Su utilización es adecuada desde el punto de vista educativo, si se seleccionan con rigor y teniendo en cuenta los objetivos. Son buenos materiales de instrucción aquellos que ayudan a los estudiantes en sus experiencias y a desarrollar el razonamientos de acuerdo con las evidencia, para apoyar o para refutar ideas. Diversos autores (Gil y Martínez-Torregrosa, 1983; Driver y Oldham, 1986; Gil, 1987; Furió y Gil, 1989; Campanario y Moya, 1999; Saura, 1999) recomiendan la utilización de programas-guías de actividades, con el fin de ayudar a los alumnos en construcción de conocimientos y su familiarización con características del trabajo científico.

Corresponden a documentos que orientan el trabajo de los alumnos, consistentes en secuencias de actividades que cubren el contenido del tema en estudio, adecuados a una lógica interna que evita aprendizajes inconexos o erráticos, y posibles alternativas de trabajo adicionales. Cada secuencia incluye una serie de tareas y actividades que deben realizar los alumnos, asistidos por el profesor, en relación con el currículum, manteniendo la coherencia de la práctica durante un curso de acción prolongado. Según Carlos Furió Más y Daniel Gil Pérez (1978), los programas-guías favorecen la construcción de conocimientos y su afianzamiento, que se familiaricen con el trabajo científico y adquieran un interés crítico por las ciencias y sus repercusiones. Las actividades incluidas en los programas-guía corresponden a tres tipos básicos (Gil, 1987): actividades de iniciación (sensibilización del tema, explicitación de las ideas de los alumnos, por ejemplo), actividades de desarrollo (introducción de conceptos científicos, manejo reiterado de tales conceptos, detección de errores, emisión y fundamentación de hipótesis, conexión de diversas partes de la asignatura, elaboración de diseños experimentales, por ejemplo), y actividades de acabado (elaboración de síntesis, esquemas, mapas conceptuales, evaluación del aprendizaje, por ejemplo).

Consecuente con el enfoque constructivista del proceso enseñanza/aprendizaje se ha considerado la necesidad que el alumno maneje un cuaderno de trabajo o archivo personal, en el que se consignan en cada sesión las incidencias que ocurren en el aula, incluyendo las intervenciones del profesor, anotaciones personales, debates en el grupo, puestas en común, consultas bibliográficas, hipótesis, diseños de experiencias, etc. (Saura, 1999, pág. 29-31). El profesor puede utilizar estos cuadernos para evaluar el progreso de los alumnos y la consecución de los objetivos programados. En la elaboración de instrumentos de evaluación formados por selección de alternativas múltiples, P. Tamir (1971) sugiere utilizar las concepciones alternativas más frecuentes de los alumnos como distractores.

Desde hace varios años se discute ampliamente sobre la importancia de las tecnologías informáticas y las telecomunicaciones como instrumentos adecuados a mejorar la enseñanza. Sin embargo, su mera existencia no es suficiente para que su utilización educativa se generalice y aunque existen muchos programas computacionales, por ejemplo, la mayoría de los profesores no los utilizan y quedan obsoletos, sin llegar a aplicarse en contextos educativos reales y sin evaluar su posible utilidad didáctica (Pontes, 1999). Los procesos de enseñanza y de aprendizaje se pueden organizar en torno a un conjunto de actividades, una de las cuales es la enseñanza asistida por computadoras u ordenadores, instrumentos auxiliares muy valiosos que se pueden incorporar a una metodología de trabajo para favorecer el proceso de aprendizaje de las Ciencias Naturales (Juanes y Espinel, 1995) y permiten dar a los alumnos una visión actualizada de la actividad científica (Gil y cols. 1998).

El uso del software se plantea como un instrumento complementario de la acción docente y del trabajo en aula, no reemplaza al profesor ni al libro de texto, sino constituye una instancia que forma parte de un proceso más amplio.

Los momentos o aspectos del proceso educativo susceptibles de una aplicación de tecnologías informáticas o de comunicaciones son la presentación de la información del profesor (transparencias, programas informáticos educativos y vídeo en el aula), la interacción profesor-alumnos, como material de estudio y consulta, y en el proceso de aprendizaje, autoestudio y autoevaluación por parte del alumno. El software educativo puede incorporar gráficos, texto, sonido y animación y el beneficio más importante es la respuesta inmediata a la acción del estudiante, para conocer si su respuesta es correcta o no. Los programas de simulación que recrean los "*laboratorios virtuales*" instruyen al alumno para un mejor uso de los laboratorios reales y algunas experiencias parecen indicar que los alumnos adiestrados con ellos pueden completar los cursos de laboratorio en menos tiempo y con menos asistencia técnica.

Esta circunstancia es importante en estudios no presenciales que requieren prácticas. Según Gil y cols. (2000), el uso de las estrategias computacionales ofrece a los docentes varias ventajas, por ejemplo recabar informaciones y contrastarlas, proporcionar rápida retroalimentación, simular y visualizar situaciones, conectar con el interés que despiertan los nuevos medios en los alumnos y proporcionar una visión actualizada de la actividad científica. El uso de sensores e interfases facilita y simplifica la tarea de medir, la representación gráfica de datos y la búsqueda de un modelo matemático que se ajuste a ellos, permitiendo dedicar más tiempo a otras actividades como la discusión de los resultados, el planteamiento de hipótesis y su verificación (Cotel, 1999).

## 19.8. Dimensión Ciencia – Técnica – Sociedad

Las interacciones de la Ciencia con la Técnica y con la Sociedad asociadas a la construcción del conocimiento, son esenciales para entregar una imagen correcta de la ciencia a nivel educacional (Penick y Yager, 1986). Rosenthal (1989) distingue dos formas de plantear la enseñanza CTS, una basada en problemas científicos y tecnológicos de interés social que puede conducir a una educación muy especializada, y otra, más generalista, relacionada con los aspectos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología. La ciencia es una manifestación condicionada en cada momento histórico por los problemas, valores y creencias vigentes, y que proporciona ideas capaces de alterar conocimientos, valores y creencias que estructuran el tejido social.



Ciencia y técnica son difíciles de separar. Mediante la actividad técnica, el ser humano modifica las sustancias materiales, los fenómenos naturales y el entorno para satisfacer sus necesidades y mejorar sus condiciones de vida. La actividad técnica es capaz de modificar la sociedad, cambiar sus niveles de riqueza y bienestar, transformar sus sistemas de valores y alterar el medio físico. La actividad técnica ha proporcionado instrumentos de observación, experiencias y argumentos útiles para edificar el conocimiento científico. A su vez, la aplicación del conocimiento científico ha posibilitado un desarrollo vertiginoso de las técnicas, convirtiéndose en el factor más importante de la producción y haciendo menos necesaria la destreza manual. La asociación entre técnica y ciencia ha dado lugar a la tecnología, que caracteriza a nuestro tiempo.

La perspectiva CTS permite ir más allá del mero conocimiento académico de la ciencia y la técnica, preocupándose por los problemas sociales relacionados con la ciencia y la tecnología, propiciando el desarrollo de valores, actitudes y normas de conducta en relación con estos temas y atendiendo a la formación del alumno para que pueda tomar decisiones fundamentadas y actuar responsablemente en la sociedad civil (Acevedo, 1996; Acevedo, 1997; Waks, 1992). La finalidad central del enfoque CTS consiste en proporcionar a los estudiantes una ocasión para relacionar los conocimientos procedentes de campos académicos separados, para reflexionar sobre los fenómenos sociales y las condiciones de la existencia humana desde la perspectiva de la Ciencia y la Técnica, así como para analizar las dimensiones sociales del desarrollo tecnológico. Se trabaja de manera interdisciplinar, integradora y abierta al tratamiento de aspectos que no están limitados a una determinada disciplina académica y que tienen un papel decisivo en la vida social.

El enfoque CTS propone la reconstrucción de la enseñanza de las ciencias orientada por la voluntad de promover una imagen del desarrollo tecnocientífico socialmente contextualizado, presentación de los saberes científicos mostrando su estrecha interacción con aspectos valorativos frecuentemente controvertidos; la enseñanza de la ciencia y la tecnología poniendo de relieve la continua interacción entre aspectos teóricos y prácticos que han caracterizado al desarrollo tecnocientífico, la organización de actividades en las aulas de ciencias y tecnología para favorecer el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones que orientan el desarrollo tecnocientífico y su uso en los diversos contextos sociales y medioambientales y la utilización de enfoques interdisciplinares centrados en problemas socialmente relevantes habitualmente irreductibles a campos disciplinares estancos, y la interacción entre la racionalidad y la creatividad, entre el rigor y el ludismo, entre lo cognoscitivo y lo estético (Martín Gordillo, 2003).

La idea de la evolución de las especies a través de la selección natural, es deudora de los estudios prácticos realizados por criadores de ganado y cultivadores de plantas (Valdés y cols., 2002). Charles Darwin (1977, pág. 86) cuenta: “*Empecé mi primer cuaderno de notas en julio de 1837. Trabajé sobre verdaderos principios baconianos y, sin ninguna teoría, empecé a recoger datos en grandes cantidades, especialmente en relación con productos domesticados, a través de estudios publicados, de conversaciones con expertos ganaderos y jardineros y de abundante lectura*”, y en una carta enviada a Asa Gray escribió: “*...es maravilloso lo que puede hacer el principio de la Selección por el Hombre, es decir, escoger individuos con una cualidad deseada, y criar a partir de ellos y de nuevo volver a escoger*” (Darwin, 1999, pág. 201).

### 19.9. Estrategia modular

La estrategia modular se centra en el alumno y sus disponibilidades, que trabaja en forma autónoma o en pequeños grupos, promueve la lectura comprensiva, la investigación de informaciones pertinentes, utilización de notas de curso y de textos, de modo que el profesor puede dedicarse más a las tareas de incentivador, diagnosticador y orientador del aprendizaje. Un módulo es un documento escrito que entrega información al estudiante, y puede estar apoyado por otros medios, tales como radio, televisión, videos y sistemas de tutoría, los cuales a su vez plantean retos, que deben ser resueltos. La estrategia modular busca inquietar, sugerir o provocar a quienes aprenden, creando la necesidad por aprender el contenido.

El módulo debe abordar una temática interesante, relevante, útil, aplicable, comprensible y clara conforme a los objetivos propuestos. La modalidad modular es flexible, los módulos pueden utilizarse en varios cursos o en varios momentos dentro de un mismo curso de diferentes maneras. Permiten avanzar a cada estudiante a su propio ritmo, y al alumno puede trabajar a veces solo o en equipos.

Las actividades deben ser en lo posible abiertas y divergentes (para fomentar la discusión de los alumnos, deben tener distintas soluciones o estrategias de solución), deben ajustarse a las capacidades cognitivas de los alumnos (suponen un reto intelectual, sin llegar a ser incomprensibles), y motivadoras (Saura, 1999, pág. 27). Debe buscarse la flexibilidad en relación con las diversas situaciones de aprendizaje, tanto en la selección de la metodología que se utilizará para cada ocasión, como en la organización de espacios, tiempos y agrupamiento de los alumnos.

## 19.10. Consideración de la diversidad del alumnado

Debe atenderse a las peculiaridades de cada alumno, a las características de acuerdo con su procedencia y capacidad, distintos estilos cognitivos, ritmos de aprendizaje, etc. La atención a la diversidad supone la selección de procesos y actividades pertinentes, variadas, con distinto grado de dificultad, formuladas mediante diferentes lenguajes, que admitan distintas respuestas o distintos grados de elaboración de las mismas, etc.

En 1983, el Dr. Howard Gardner (1943- ), director del Proyecto Zero y profesor de psicología y ciencias de la educación en la Universidad Harvard, desarrolló su "teoría de capacidades intelectuales humanas" en "*Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*" (Gardner, 1983, pág. 5), completada posteriormente en "*Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st century*", en la que sostiene "*la posible existencia de varias otras inteligencias*" (Gardner, 1999, pág. 57). La teoría de las inteligencias múltiples afirma que la inteligencia no es única y unidimensional, como se creía habitualmente. No existiría una inteligencia única por medio de la cual se desarrolla el intelecto humano en progresión lineal y acumulativa, sino que existen diferentes clases de inteligencias, más de ocho, y ellas son pluridimensionales. Cada persona tiene estas diversas inteligencias, con un desarrollo propio según su dotación biológica, su interacción con el mundo circundante y la valoración cultural que recibe en su experiencia personal. Estas inteligencias se combinan, se entrecruzan y se usan en diversas formas e intensidades, pero siempre de una manera personal y única. La inteligencia es "*un potencial biopsicológico de procesar la información que se puede activar en un ajuste cultural para solucionar problemas o para crear los productos que tienen valor en una cultura*" (Gardner, 1999, pág. 33-34).

Varios Educadores (Armstrong, 1999; Campbell, Campbell y Dickenson, 2000) explican cómo explorar las inteligencias múltiples propias y cómo iniciar a los alumnos en las diversas inteligencias, crear unidades de instrucción en torno a las inteligencias múltiples y cómo realizar evaluaciones dentro de este marco teórico. El propio Gardner sugiere que los profesores estimulen el aprendizaje de los estudiantes aprovechando estas distintas inteligencias, mediante la presentación de un tema (puntos de entrada), que variará según las asignaturas o intereses de los participantes, utilizando las diversas inteligencias en propuestas de trabajo finales (puntos de salida). De esta manera se ofrece a los alumnos la oportunidad de utilizar inteligencias con las que ellos se sientan más cómodos o con habilidades más desarrolladas (Gardner, 1999), para lo cual se debe identificar, sustentar y apoyar las cualidades singulares de cada alumno.

La experiencia de más de una década de aplicación de este enfoque teórico demuestra varios logros: minimización de los problemas de conducta, incremento de la autoestima en los estudiantes, desarrollo de las habilidades de cooperación y liderazgo, enorme aumento del interés y de la dedicación al aprendizaje, incremento en el conocimiento.

La inteligencia naturalista es la capacidad de distinguir, analizar, clasificar, sintetizar y utilizar los elementos que se presentan en el medio ambiente, ya sea objetos, animales y plantas. Se caracteriza por la capacidad de observar y describir la realidad que rodea al sujeto. La poseen, por ejemplo, los zoólogos, botánicos, los cazadores, ecólogos y paisajistas, y muchos alumnos que se sienten atraídos por estas materias. La inteligencia lingüística o narrativa permite usar las palabras de manera efectiva, en forma oral o escrita, para describir o analizar la realidad. Puede estar bien desarrollada en los estudiantes que prefieren aprender con historias. Por ejemplo, en la enseñanza de la evolución biológica se pueden desarrollar las lecciones que utilizan la historia de los viajes de Charles Darwin o relatos acerca de la vida de algunas especies en particular. La inteligencia cuantitativa, numérica o lógico-matemática, da la capacidad de manejar los números, permite armar esquemas y relaciones lógicas, juicios lógicos, distinción de funciones y otros niveles de abstracción relacionados. Para los estudiantes que son cautivados por los números se pueden desarrollar las lecciones relativas a la genética de poblaciones, que consideran números de individuos de una especie en determinados hábitats y cómo esos números cambian en un cierto plazo en relación a los distintos factores evolutivos. Se debe considerar a los estudiantes que piensan deductivamente, planteando por ejemplo un silogismo que describe el concepto de la supervivencia del más apto: Si hay más individuos de una especie en un territorio que pueda soportarlos, y Si hay variaciones entre los individuos de esa especie, Entonces las variantes que sobreviven mejor en una zona ecológica particular podrán reproducirse, prosperar y transmitir una mayor proporción de genes favorables (Gardner, 1999, pág. 170).

La inteligencia social o inteligencia interpersonal está mayormente desarrollada en los estudiantes que aprenden lo mejor interactuando dentro de su grupo. Por ejemplo, se puede plantear a un grupo de estudiantes un problema, por ejemplo determinar qué sucede a varias especies con determinadas características en un ambiente dado que experimenta un cierto cambio drástico en su clima. Con estos estudiantes también se puede usar el juego de roles. La inteligencia espacial, característica del percibir y pensar en tres dimensiones, permite trabajar con imágenes, transformarlas, reubicarlas, relacionarlas de distinta manera; recorrer los espacios, percibirlos de distintas formas, producir o decodificar información gráfica.

A quienes tienen desarrollada esta inteligencia les gusta trabajar graficando la realidad, esquematizándola en formas gráficas, en cuadros, croquis, figuras geométricas, distancias, planos, esquemas conceptuales, etc. Pueden desarrollar gráficos o modelos que representen, por ejemplo las distintas formas de especiación. Debe considerarse a los estudiantes que gustan manipular materiales y realizar experimentos, por ejemplo, para que críen generaciones de *Drosophila* y observen la incidencia y los efectos de las mutaciones genéticas.

## 20. MÉTODOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Los modelos señalados pueden mezclarse en la práctica e incorporarse en ellos actividades muy variadas. Se han propuesto diversos métodos que se estiman beneficiosos para lograr una enseñanza de las ciencias más efectiva, en relación con sus distintos objetivos. La enseñanza de la Ciencia incluye tres aspectos principales: aprender ciencia, aprender sobre ciencia y hacer ciencia; esto es, adquirir y desarrollar conocimientos conceptuales y teóricos, desarrollar una comprensión de la naturaleza de los métodos científicos y adquirir conciencia de las relaciones de la ciencia con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, y participar y desarrollar experiencia en la investigación científica y la resolución de problemas (Hodson, 1999). Dada la multiplicidad de los problemas educativos, la necesidad de mantener la motivación de los estudiantes y de utilizar mejor el tiempo disponible, se necesitan desarrollar estrategias variadas de enseñanza (Jiménez, 1991, pág. 254).

Los métodos o estrategias que se pueden utilizar son múltiples y complementarios, cualquier situación de aprendizaje está sometida a diversas variables, tales como la edad de los estudiantes, la homogeneidad o heterogeneidad del grupo-curso, los conocimientos previos, el grado de motivación, la experiencia y personalidad del profesor, los recursos disponibles, etc., de manera que se debe propiciar la utilización de unos métodos u otros en función de las necesidades de los diferentes momentos o etapas, de la diversidad del alumnado, de las distintas tareas y situaciones, de los diferentes tipos de agrupación, etc. Por otra parte, las estrategias que se usen deben variar frecuentemente para evitar la monotonía que genera la repetición excesiva de las mismas técnicas o procesos. La consecución de los aprendizajes significativos puede lograrse a través de métodos inductivos, que partiendo de hechos y realidades concretas próximas a la experiencia del alumnado le ayuden a formular leyes generales a través de la constatación y manipulación de hechos observables, o por medio de métodos deductivos que, siguiendo el proceso inverso, también favorecen la intervención activa del alumno en la construcción de su conocimiento.

## 20.1. Mapas Conceptuales

Los conceptos científicos se pueden definir como "*regularidades en los objetos o los acontecimientos señalados por una cierta etiqueta, generalmente un término. Cualquier proceso (ej. precipitación), procedimiento (ej. titulación), o producto (ej. glúcido), son conceptos con los que pensamos en la ciencia*" (Wandersee, 1990, pág. 927). Observando las dificultades conceptuales que se presentan durante el curso, los profesores pueden ajustar la enseñanza o el contenido del curso a las necesidades de los estudiantes (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994). Un mapa conceptual es una representación visual de la organización jerarquizada de conceptos, que muestra sus interrelaciones, sirviendo para representar y resumir los esquemas conceptuales de un individuo en un área del conocimiento y en un determinado momento. El mapa conceptual induce a los estudiantes a establecer relaciones entre los conceptos, lo que los puede conducir a mejorar la comprensión, y ayuda a los profesores a supervisar el desarrollo del proceso, siendo una "*herramienta altamente sensible para mediar los cambios en la estructura del conocimiento*" (Novak y Wandersee, 1990, pág. 946). Para crear un mapa conceptual, se deben identificar los conceptos básicos de una materia, ordenar estos conceptos desde los más generales a los más específicos, y relacionarlos entre sí de manera significativa (Wandersee, 1990).

En un mapa conceptual, los conceptos científicos se unen formando proposiciones. Los conceptos se escriben en letras minúsculas dentro de un círculo o de un óvalo. Se coloca el concepto principal en la parte superior de la página, con los conceptos subordinados ordenados hacia abajo, desde los menos específicos hasta los más específicos. Las líneas y las palabras conectan los conceptos generalmente en forma vertical, de modo que cada rama del mapa puede leerse desde arriba hacia abajo. Los ejemplos pueden incluirse en cualquier parte del mapa, encerrados en un círculo u óvalo punteado. Las líneas punteadas también se utilizan para unir horizontalmente un concepto con otro. Usando una punta de flecha se muestra que la proposición no es bidireccional.

Para analizar cómo pueden utilizarse los mapas conceptuales como una estrategia instruccional en un curso sobre evolución biológica, evaluar su utilidad y determinar su impacto en las prácticas de estudio, John E. Trowbridge y James H. Wandersee realizaron un estudio con 25 alumnos postgraduados en Biología, de un curso sobre evolución. Los estudiantes fueron entrenados en la realización de mapas conceptuales y los desarrollaron en cada sesión de clases, una por semana, durante diez semanas (Trowbridge y Wandersee, 1994). Los estudiantes realizaban mapas para obtener créditos, el profesor escribía 5 conceptos que los estudiantes debieron utilizar en sus mapas, junto con 5 conceptos adicionales.

Los mapas conceptuales se recogían en la clase siguiente y eran corregidos por el profesor. Los estudiantes ocuparon un promedio de 48 minutos construyendo mapas y necesitaron mayor tiempo de estudio, debieron estudiar durante el desarrollo del curso en lugar de hacerlo solo poco antes de los exámenes. Había una correlación positiva entre la calidad de los mapas conceptuales de los estudiantes y su éxito académico. El profesor podía identificar hechos críticos en el aprendizaje de los estudiantes acerca de la evolución, analizando los mapas conceptuales entregados después de cada sesión.

## 20.2. Razonamiento Analógico y Modelización

Las analogías son herramientas de enseñanza utilizadas como estrategias de un modo más o menos sistemático en clases de Ciencias, ya sea como analogías propiamente tales, metáforas o símiles (Gilbert, 1989; Oliva y cols., 2001). Consisten en comparaciones entre dominios de conocimiento con ciertas semejanzas, para comprender situaciones nuevas ante las cuales el alumno no dispone de un bagaje previo de experiencias o conocimientos suficientemente estructurados como para lograr un aprendizaje significativo. Se emplean para comprender nociones abstractas o poco familiares, mediante otras conocidas accesibles a los sentidos y a experiencias previas.

A partir de diversas investigaciones, se ha concluido que el uso que se hace habitualmente de las analogías no es muy adecuado, porque el proceso de selección de situaciones análogas suele ser poco crítico y escasamente cuidadoso, a veces son confusas o demasiado complejas, la mayoría de las analogías se presentan bajo un enfoque transmisivo y una vez introducida la analogía se fomenta escasamente su uso por parte del alumnado y raras veces se explota más de un punto de similitud entre el objeto y el análogo, no suele desarrollarse más de una analogía para explicar un mismo fenómeno, y no suelen proponerse límites de validez a las analogías a las que se alude, lo cual contribuye a que el alumno las lleve más allá de lo conveniente (Oliva, 2003).

Se sugiere que primero el profesor explique un determinado concepto (objeto, problema o blanco) usando un concepto análogo (ancla, fuente o base) mejor entendido o más familiar a los alumnos, luego precise con los estudiantes cómo se asemejan, buscando conclusiones que permitan comprender mejor el análogo, para finalmente establecer diferencias entre el objeto y el análogo y las limitaciones de la analogía (Dagher, 1995; Oliva y cols., 2001).

Se pueden planificar secuencias de actividades para contribuir positivamente a que los alumnos construyan analogías, o presentar las analogías como secuencias de actividades, o se puede hacer una pregunta que probablemente dará lugar a que los alumnos expresen una idea falsa, y el profesor puede utilizar una analogía para ayudar a los estudiantes a corregir tal idea. Una relación clara entre la selección de atributos del referente y de la representación, así como el respeto por los límites de validez de la analogía propuesta, suponen la adecuación de las analogías utilizadas. La utilización adecuada de analogías es una parte esencial del proceso de modelización. Modelizar es construir una representación simplificada de un sistema, lo que permite centrar la atención en algunos aspectos específicos del mismo. Se realiza integrando piezas de información acerca de la estructura, la función, la conducta y los mecanismos causales de fenómenos, mapeados desde sistemas análogos o mediante la inducción.

### 20.3. Resolución de problemas

El planteamiento de problemas es uno de los recursos didácticos más usuales para promover el conocimiento científico, lo cual es natural, porque el conocimiento debe responder a preguntas que se han formulado previamente (Pozo, Postigo y Gómez, 1995). Sin embargo, frecuentemente en el nivel escolar los problemas se transforman en meros ejercicios rutinarios, que se resuelven mediante la aplicación de un algoritmo conocido, que los alumnos han memorizado (Banet, 2000, pág. 473). La utilización de resolución de problemas presenta utilidades en el aprendizaje: de la estructura conceptual de la disciplina, de la heurística de resolución de tipos de problemas no específicos para la disciplina, de procedimientos de resolución de problemas en relación con contenidos específicos y de la naturaleza de la ciencia como una actividad intelectual (Brewer, 1996).

Un verdadero problema es una situación nueva o sorprendente, abierta, porque admite varias vías de solución, en la que se conoce el punto de partida y adónde se quiere llegar, pero no los procesos necesarios para hacerlo. El ejercicio, en cambio, es una situación rutinaria en la que se conoce el procedimiento que se debe seguirse para lograr la meta. Por lo tanto, los procedimientos que se requieren en ambos casos son diferentes.

Debe tratarse que las tareas generadas para la solución de los problemas, bajo la orientación del profesor, estén al alcance de los alumnos y que tengan en cuenta los antecedentes necesarios para su realización.



En estas condiciones, el desarrollo de las tareas culminará exitosamente, favoreciendo la comprensión de su importancia, lo cual es causa de motivación por este tipo de actividad. Gradualmente los alumnos perciben que están aprendiendo, comprenden cuál es su utilidad y le atribuyen valor a lo que estudian. Puede haber una mayor motivación por la resolución de problemas, si se les presentan a los alumnos situaciones problemáticas vinculadas con sus actividades cotidianas o que forman parte de las actividades de sus padres, familia o comunidad.

Para el planteamiento de tareas escolares bajo la forma de verdaderos problemas, de mayor valor didáctico que los ejercicios, Banet (2000) señala que su resolución debe requerir del análisis de datos, formulación de hipótesis, elaboración de diseños experimentales. Los problemas deben ser abiertos, con enfoque efecto-causa, comenzando por situaciones fácilmente observables, que despierten interés en los alumnos. Para el planteamiento de problemas, Pozo, Postigo y Gómez (1995, pág. 18) sugieren que sean abiertos (que admitan varias vías de solución e incluso varias soluciones), realizados en diversos formatos o modos de definición (para evitar que los alumnos identifiquen la presentación con el tipo de problema), en contextos diversificados cuando se plantea la aplicación de una misma estrategia, que las tareas se planteen en escenarios cotidianos y significativos para el alumno, con la definición del problema, preguntas e información adecuados a los objetivos de la tarea, que los problemas se utilicen con diversos fines, evitando que aparezcan como ilustraciones, demostraciones o ejemplificaciones de contenidos previamente revisados.

Durante la resolución, los mismos autores proponen habituar a los alumnos a adoptar sus propias decisiones respecto al proceso de solución, así como a reflexionar sobre tal proceso, fomentar la cooperación entre los alumnos en la realización de las tareas, incentivar la discusión y la presentación de diversos puntos de vista, proporcionar a los alumnos la información necesaria y dirigir su labor de apoyo más hacia la realización de preguntas o fomentar el hacerse preguntas entre los alumnos que a dar respuestas.

Para la evaluación, Pozo, Postigo y Gómez (1995) sugieren evaluar más los procesos de solución seguidos por los alumnos que la corrección de la respuesta obtenida, valorar especialmente el grado de planificación previa, la reflexión y la autoevaluación por parte de los alumnos, y la profundidad de las soluciones alcanzadas más que la rapidez en su obtención.

## 20.4. Resolución de problemas asociados a la historia de las ideas científicas

La historia de la Biología ayuda a la didáctica en la determinación de problemas en relación con los significados de conceptos, mediante el análisis de las principales dificultades que históricamente debió resolver la ciencia (Brumby, 1984) y sirve para utilizar el análisis de la historia del conocimiento científico como una estrategia didáctica.

La coexistencia de diversas teorías en competencia durante la historia de la Ciencia ha producido importantes controversias con gran interés didáctico: facilitan la relativización del conocimiento científico y ayudan a superar posiciones dogmáticas, porque ilustran el surgimiento de las teorías, los aspectos epistemológicos y sociológicos de la resistencia de la comunidad científica a su aceptación, así como su posterior aceptación hasta ser superadas por otras (Pedrinaci, 1994; Álvarez, 1996).

Jiménez y Fernández (1987) mencionan tres posibilidades de utilización de la historia de la ciencia en el aula: como introducción motivadora a un tema, como su hilo conductor o en la presentación de descubrimientos o investigaciones específicas. Entre otras aplicaciones, la historia de la Ciencia sirve en la enseñanza de la Ciencia para atenuar el dogmatismo, mostrar la dimensión humana de la ciencia, relacionar ciencia, técnica y sociedad, comprender la naturaleza, método y evolución de la Ciencia (Fernández, 1997, pág. 226). Se puede determinar primero el conocimiento previo de los estudiantes acerca de algún tema y luego utilizar una combinación de actividades de resolución de problemas y discusiones históricas para cambiar las ideas erróneas del estudiante.

## 20.5. Trabajos prácticos

Los trabajos prácticos son conjuntos de actividades manipulativo-intelectivas en las que se produce interacción profesor-alumno-materiales, como resultado de una intervención planificada en el mundo natural o artificial, y posterior observación de respuestas, en investigaciones de laboratorio, de campo o prácticas caseras (Perales, 1994). Mediante estas actividades experimentales el alumno interactúa con diferentes objetos de conocimiento buscando la solución de problemas que propician el dudar, afianzar o transformar sus preconcepciones sobre los fenómenos de la naturaleza.

De acuerdo con sus objetivos didácticos, los trabajos prácticos pueden ser actividades de habilidades y destrezas, de verificación, de predicción, inductivos o de investigación. El uso de trabajos prácticos en la enseñanza de las Ciencias sirve para desarrollar actividades manipulativas, propicia la investigación, mejora la capacidad de resolución de problemas, desarrolla el ingenio, la creatividad y la imaginación, incrementa la socialización, desencadena inquietudes y promueve una actitud positiva hacia la Ciencia, lo que puede favorecer un buen desarrollo de los aprendizajes y la construcción del conocimiento científico, ayudando a comprender mejor el mundo que nos rodea. D. Gil Pérez y P. Valdés Castro, sugieren que las prácticas de laboratorio se transformen en una actividad investigativa dirigida que tome como modelo a los investigadores nóveles, cuya actividad consiste en replicar investigaciones conocidas por el experto que apoya y dirige su trabajo (Gil y Valdés, 1996, pág. 156). Las réplicas de investigaciones deben ajustarse a estrategias del trabajo científico sin caer en los típicos reduccionismos o deformaciones que suelen caracterizar a las actividades prácticas escolares. Para lograr esta orientación investigativa, estos autores sugieren presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel adecuado, favorecer la reflexión de los alumnos sobre la relevancia y posible interés de las situaciones propuestas, potenciar análisis cualitativos, significativos, plantear el desarrollo de hipótesis fundamentadas como actividad central, dar importancia a la elaboración de diseños y a la planificación de las actividades por parte de los estudiantes, plantear el análisis detenido de los resultados, favorecer de acuerdo con los resultados las revisiones necesarias de diseños, hipótesis o planteamiento del problema, considerar posibles perspectivas que replanteen el estudio, buscar la integración considerando la contribución del estudio a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, dar importancia a la elaboración de memorias científicas y potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajo.

## 20.6. Investigación

El aprender mediante investigación implica que el estudiante realice las investigaciones, lo cual incluye desarrollar habilidades relacionadas con los procesos de la ciencia, tales como formular preguntas, desarrollar hipótesis, diseñar experimentos, analizar datos y obtener conclusiones. La *National Science Education Standards* define el aprendizaje mediante investigación como "*un sistema de procesos correlacionados por los cuales los científicos y los estudiantes plantean preguntas sobre el mundo natural e investigan fenómenos; de esta forma, los estudiantes adquieren conocimientos y desarrollan una comprensión rica de conceptos, de principios, modelos, y teorías*" (National Research Council, 1996).

El *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), ha desarrollado un acercamiento a la enseñanza de la evolución mediante investigación. Utilizando veintiún actividades y un videodisco, producen un acercamiento a la investigación dirigida y un enfoque en la discusión como estrategias educacionales importantes, proporcionando las oportunidades a los estudiantes de interactuar recíprocamente con el profesor y con sus pares. Los estudios acerca de la eficacia de estas actividades de la investigación demostraron que los estudiantes aumentaron perceptiblemente el uso de conceptos científicos acerca de los procesos evolutivos (Settlage, 1994; Demastes, Settlage y Good, 1995).

## 20.7. Ciclo de Aprendizaje

En el modelo de enseñanza conocido como Ciclo de Aprendizaje, los estudiantes revisan primero los conceptos de la lección mediante actividades exploratorias, que se orientan para ayudarlos a desarrollar una comprensión de los conceptos centrales de la lección antes de que se traten abiertamente. Después de esta fase inicial de exploración, los conceptos se introducen generalmente mediante métodos didácticos tales como conferencias, demostraciones, películas o lecturas, que proporcionan a los estudiantes una oportunidad de aplicar lo que han aprendido, usando sus nuevos conocimientos en otras situaciones. Esta fase de aplicación puede llevar a la exploración de un nuevo concepto, de allí el nombre de ciclo de aprendizaje.

En resumen, las tres fases del ciclo de aprendizaje son exploración, introducción del concepto, y aplicación. Se han propuesto tres tipos de ciclos de aprendizaje: descriptivo, empírico-inductivo, e hipotético-deductivo. Los tres siguen el mismo plan básico, sin embargo el ciclo de aprendizaje descriptivo se centra en la observación y la descripción de los patrones que ocurren en naturaleza. Los ciclos de aprendizaje empírico-inductivos requieren de los estudiantes explicar fenómenos, mientras que los ciclos de aprendizaje hipotético-deductivos requieren que sometan a prueba explicaciones alternativas. Lawson, Abraham y Renner (1989) realizan una amplia descripción de estos modelos. Una extensión del ciclo de aprendizaje contiene cinco fases y se denomina modelo educacional de 5E: contrato (*engage*), exploración (*explore*), explicación (*explain*), elaboración (*elaborate*), y evaluación (*evaluate*) (Trowbridge, Bybee y Carlson Powell, 2000). Durante la fase del contrato, el profesor centra a los estudiantes en un problema o situación usando estrategias tales como hacer preguntas o presentar un acontecimiento discrepante. Se siguen las tres fases del ciclo de aprendizaje descritas previamente. En la fase de evaluación, los estudiantes reciben la retroalimentación de su comprensión o se determinan mediante formas tradicionales tales como pruebas.

## 21. TEMAS EVOLUTIVOS Y ACTIVIDADES PROPUESTAS

Las siguientes son tipos de actividades de enseñanza que han propuesto diversos investigadores y que pueden servir para organizar las lecciones. Utilizan sugerencias derivadas de sus investigaciones, y pueden ser adaptadas para enseñar a una variedad amplia de estudiantes.

### 21.1. Controversia entre Evolución y Creación

Algunos investigadores y educadores sugieren que en clases de biología se desarrolle una unidad sobre la naturaleza de la Ciencia, para poner de manifiesto la diferencia entre ciencias y pseudociencias, entre ellas el “creacionismo científico”, respondiendo a las peticiones de enseñanza del creacionismo (Randak, 2001).

Se ha propuesto que los estudiantes lean revisiones de procesos legales relacionados con la controversia evolución/creación. F. Morishita (1991) describe una actividad que ayuda a los estudiantes a entender cómo las leyes constitucionales de Estados Unidos afectan la enseñanza de la evolución. Entregó a los estudiantes un pre-ensayo para determinar su conocimiento respecto al creacionismo y al evolucionismo. Los estudiantes leyeron sobre el Juicio a John T. Scopes en el texto “*Great Trials in American History*” (Arbetman y Row, 1985), discutieron este texto, y después prepararon sus propios procesos legales como si el caso ocurriera actualmente.

Edward J. Larson (1997) desarrolla un tratamiento escolar del caso Scopes, analizando el momento histórico, los malentendidos públicos acerca de la naturaleza de la ciencia y de las teorías científicas durante el juicio e ilustra la naturaleza cíclica del debate entre evolucionismo y creacionismo en Estados Unidos. Alison Zimbalist (1998, 1999) presenta planes de clases sobre la evaluación de la teoría de la evolución y el debate con los antievolucionistas, para lo cual en un caso se utilizan libros de ciencia, enciclopedias y se analiza un texto que se refiere los casos Scopes, Epperson y Aguillard, y en otro se utilizan dos artículos del New York Times. Otros materiales sobre el caso Scopes para trabajar en clases son *Inherit the Wind* de Thomas Van Buren (<http://coe.west.asu.edu/students/tvanburen/indexw.htm>) y *The Constitution, Censorship, and the Schools: Tennessee v. John Thomas Scopes*, de Peter Neal Herndon, del Yale-New Haven Teachers Institute ([www.yale.edu/ynhti/pubs/A5/herndon.html](http://www.yale.edu/ynhti/pubs/A5/herndon.html)).

Jonathan Duveen y Joan Solomon describen un juego de roles llamado “*El gran ensayo de la evolución*”, sobre la oposición religiosa y científica al trabajo de Darwin en el siglo XIX (Duveen y Solomon, 1994; Solomon, 1993), ejercicio que utilizaron con alumnos ingleses de 15 y 16 años. Se centran en la publicación de “*El origen de las especies*” y su oposición, a través de siete personajes, Charles Darwin, Thomas H. Huxley, el obispo Samuel Wilberforce, el capitán Fitz-Roy, el criador de palomas Pat Matthews, el físico William Thompson (lord Kelvin) y Eliza Wilkins (que representa el pensamiento lamarquista). Describen como propósito de la actuación la adquisición por parte del estudiante de empatía con aspectos típicos de otras épocas y otros lugares, y la comprensión de problemas sociales desde diversas perspectivas.

La discusión entre pares se puede utilizar dentro de un formato del ciclo del aprendizaje para explorar preguntas sobre la enseñanza de la evolución frente a la creación especial en clases de ciencias de la escuela pública (Scharmann, 1993). Anton E. Lawson presenta una lección que utiliza el ciclo de aprendizaje, en la que los estudiantes enfrentan la evolución con la creación especial, recolectando evidencias del registro fósil, analizándolo, y decidiendo por sí mismos qué explicación representa la mejor respuesta a la pregunta acerca de las causas de la diversidad actual de las especies (Lawson, 1999). Seaford describe un método que incluye lecturas y escritura para hacer que los estudiantes exploren las creencias y las metas del “*creacionismo científico*” y las contrasten con los conceptos inherentes a la teoría evolutiva (Seaford, 1990).

## 21.2. La Teoría de la evolución y la ciencia moderna

Como señala Noel P. Gough (1978), la mayoría de los textos explican lo que dijo Charles Darwin pero no consideran la clase de explicación científica que utilizó. Gough (1978, pág. 4) sugiere utilizar pasajes de la introducción de “*El Origen de las Especies*” y analizarlos con los alumnos desde el punto de vista del método de razonamiento científico seguido. Martín K. Nickels, Craig E. Nelson y Jean Beard (1996), proponen enseñar la evolución biológica en una forma estrechamente vinculada a la enseñanza de la naturaleza de la Ciencia. Como base de su propuesta plantean cuatro temas: Ciencia moderna e Incertidumbre (el conocimiento científico es por una parte incierto pero por otra parte es sumamente confiable), Teoría evolutiva moderna (la evolución biológica puede entenderse mejor si se considera desde el punto de vista del pensamiento científico moderno), La gente como estudio de caso en biología evolutiva (la evolución humana es uno de los aspectos mejor estudiados por la biología evolutiva moderna) y Desarrollo del pensamiento crítico en las Clases de Biología (la enseñanza no dogmática es esencial en la enseñanza de las Ciencias).

El modelo se comenzó a ensayar en 1989 a través de una serie llamada "*Evolution and the Nature of Science Institutes (ENSIs)*" dirigida a profesores de Biología de Institutos, que fue financiada hasta 1995 mediante tres subvenciones de la *National Science Foundation* de Estados Unidos. La *American Association for the Advancement of Science* ha apoyado desde entonces esta forma de trabajo en varios de sus informes (por ejemplo, Project 2061). En otra publicación, Craig E. Nelson (2000, págs. 26-30) sugiere que los alumnos, en pequeños grupos, comparen las características científicas de la teoría de la evolución con las de otras teorías, tales como la gravitación, atómica, tectónica de placas, etc.

### 21.3. Historia de la ciencia evolutiva y del pensamiento científico

C.F. Gauld (1991) plantea utilizar la historia de las ciencias y del pensamiento científico en clases de ciencias. La National Academy of Sciences (1998, págs. 93-95) describe una actividad en la que se utiliza la evolución biológica para presentar a la ciencia desde sus perspectivas históricas y su naturaleza. Se hace leer a los estudiantes extractos de publicaciones originales de Jean Lamarck, Charles Darwin y Alfred Russel Wallace. Estos extractos dan a los estudiantes una oportunidad de conocer las ideas originales de quienes contribuyeron a la principal revolución en la historia de la biología. La estrategia de instrucción es la de discusiones en grupos pequeños. Los estudiantes leen un extracto original antes de la clase y discuten acerca de la lectura durante la clase.

John A. Dawes (1977) sugiere utilizar como material de enseñanza los experimentos de Paul Kammerer (1880-1926), biólogo experimental austriaco que se suicidó después de una prolongada controversia sobre la validez de sus experimentos, que pretendían apoyar al neolamarquismo. En opinión de Dawes (1977, pág. 21), estos experimentos entregan la oportunidad de discutir con los alumnos los argumentos que les ayuden a comprender la validez de ciertos principios aceptados en la actualidad y a apreciar la complejidad de los procesos evolutivos.

C. Gauld (1992) sugiere utilizar el debate que ocurrió en Oxford, Inglaterra, en 1860 con respecto a "*El Origen de las especies*", entre el obispo anglicano Samuel Wilberforce (1805-1873), y el biólogo evolucionista Thomas Henry Huxley (1825-1895), para ayudar a los estudiantes a entender el contexto cultural del siglo XIX, en el que se produjeron las mayores discusiones sobre la evolución. El incidente refleja una discusión más amplia en la comunidad científica de su tiempo.

Diversos estudios indican que las preconcepciones de los alumnos son similares a antiguos conceptos desarrollados por científicos, actualmente desplazados por los conocimientos aceptados por la comunidad científica internacional (p.e., Disessa, 1982; Whitaker, 1983; Fisher, 1983; McKloskey, 1983; McDermott, 1984; Furió, Hernández y Harris, 1987; De Manuel, 1996), lo que sugiere aprovechar el desarrollo histórico de los conocimientos científicos para abordar las concepciones alternativas de los estudiantes. Es razonable suponer que las semejanzas son el resultado de formas similares de abordar los problemas (Gil y Carrascosa, 1985). Sin embargo, las similitudes y los paralelismos son limitados debido a las diferencias en los contextos culturales, por lo cual deben tratarse con precaución (Saltiel y Viennot, 1985).

El empleo de ejemplos históricos ayuda a que los alumnos conozcan las dificultades que plantea un tema científico y permite analizar los procesos de cambios, los problemas relacionados con los modelos teóricos, las hipótesis propuestas en determinados momentos y la relación de los datos con las hipótesis aceptadas y las rechazadas (Jiménez, 1996, pág. 34). Rafael M. Álvarez (1996) propone la utilización del estudio de la controversia en torno a la edad de la Tierra, durante la segunda mitad del siglo XIX, a través del tratamiento de problemas, para ofrecer una visión más real del trabajo de los científicos y de la construcción de la ciencia.

#### 21.4. Historia de la ciencia y resolución de problemas

Varios investigadores (Wandersee, 1985; Clough y Wood-Robinson, 1985; Lawson y Weser, 1990) han planteado el uso de un plan de estudios históricamente rico asociado a la resolución de problemas como método para mejorar las habilidades del razonamiento de los estudiantes con respecto a los procesos evolutivos. Esta propuesta incorpora muchas de las ideas basadas en investigaciones desarrolladas por Murray S. Jensen y Fred N. Finley (Jensen y Finley, 1995; Jensen y Finley, 1996; Jensen y Finley, 1997), quienes en 1995 concluyeron que el uso de un currículo históricamente rico, utilizado mediante discusión en pequeños grupos, presenta una efectividad moderada. En 1996 compararon la enseñanza mediante un currículo históricamente rico relacionado con una amplia gama de preconcepciones de los estudiantes, con un currículo tradicional, con el fin de determinar la efectividad de combinaciones de materiales curriculares (tradicional vrs. históricamente rico) y estrategias instruccionales (lectura tradicional vrs. resolución de problemas en pares) en relación con la teoría evolutiva darvinista.



Mediante el currículo históricamente rico, enseñaron la teoría de la selección natural y tres visiones no darvinistas, presentaron numerosos problemas que los estudiantes debían resolver de acuerdo con las diferentes teorías evolutivas, ayudaron a los estudiantes a reconocer las fortalezas y debilidades de cada una, y les hicieron comprender que la historia de la teoría evolutiva está influida por factores sociales y políticos, determinando claramente los significados correctos e incorrectos de frases claves utilizadas en la descripción de los sucesos evolutivos. Una experiencia de Jensen y Finley (1997) que utilizó el método de resolución de problemas/histórico, siguió los siguientes pasos: 1. Pedir a los estudiantes solucionar problemas acerca de la evolución, 2. Teniendo a los estudiantes en círculo, reconocer las frases o palabras teleológicas en sus respuestas, 3. Pedir a los estudiantes solucionar problemas otra vez sin usar tales frases teleológicas, 4. Introducir las teorías históricas evolutivas, como las de Lamarck y Darwin, 5. Solucionar problemas evolutivos usando estas hipótesis, y 6. Pedir a los estudiantes trabajar en pares para solucionar problemas usando cuatro modelos evolutivos, y criticar sus respuestas. Los resultados de la investigación indican que este acercamiento *"produjo mejoría en la comprensión de los estudiantes de la evolución puesta en contraste con la instrucción tradicional; pero los datos de la evaluación también indicaron que se puede realizar mucho más mejora."* Además, los *"estudiantes aumentarán generalmente su uso de las ideas de Darwin, pero es una tarea mucho más difícil reducir su uso de ideas no-Darwinianas"* (Jensen y Finley, 1997, pág. 211).

Bishop y Anderson (1986, 1990) desarrollaron un módulo de enseñanza de la evolución que incluye solución de problemas, discusión entre los estudiantes y el profesor, y actividades de laboratorio. Estos módulos se desarrollaron para fomentar el cambio conceptual después de la diagnosis de las concepciones de los estudiantes. Los resultados de la investigación sobre la puesta en práctica de estos materiales demuestran un éxito entre bajo y moderado en el mejoramiento de la comprensión del proceso evolutivo por parte de los estudiantes. Sin embargo, una réplica posterior de este estudio no encontró ninguna diferencia significativa entre esta estrategia de cambio conceptual y la enseñanza tradicional (Demastes, Settlage y Good, 1995). En otro estudio se utilizó este método en un curso para profesores de Biología (Zuzovsky, 1994), en el que primero mediante preguntas se determinaron las preconcepciones de los profesores sobre la evolución, después se les enseñó acerca de la historia del pensamiento evolutivo y los estudiantes analizaron sus respuestas a las preguntas sobre evolución, discutiendo las semejanzas entre sus preconcepciones y el desarrollo histórico del pensamiento evolutivo. A continuación leyeron estudios acerca de las concepciones sobre la evolución de los niños y realizaron proyectos de investigación sobre ideas falsas respecto a la evolución en niños de escuela y en otros profesores.

Jiménez (1992) investigó la efectividad de dos estrategias instruccionales para promover el cambio conceptual en estudiantes de nivel secundario desde concepciones neolamarquistas al sinteticismo. Comparó dos grupos que utilizaron aproximaciones instruccionales levemente diferentes con idénticos materiales curriculares. Los resultados mostraron que hay mejores resultados si se explicitan las diferencias entre ambos puntos de vista. Los problemas que los estudiantes analizan son del siguiente tipo: *“Las aves nadadoras muestran una membrana interdigital con un grado elevado de desarrollo. ¿Cómo explicaría la teoría de la selección natural la existencia de una membrana interdigital entre las aves nadadoras? Repasad uno a uno los pasos de la explicación del mecanismo propuesto por Darwin y aplicadlo a las patas de las aves. ¿Cómo hubiera explicado Lamarck la aparición de la membrana interdigital?”* (Grau y De Manuel, 2002, pág. 64).

### 21.5. Microevolución

Para que los estudiantes puedan comprender el mecanismo evolutivo, es necesario que conozcan previamente aspectos básicos de genética, en especial aquellos que inciden en las causas de la diversidad intraespecífica, la reproducción sexual como mecanismo generador de diversidad, el origen espontáneo de las mutaciones y el concepto de especie (Ayuso y Banet, 2002). Los estudiantes pueden medir y estudiar la variabilidad en la población de estudiantes de su clase, de varios cursos, o de su escuela, usando rasgos tales como altura, tiempo de reacción, o tamaño del pie. Welsh describe una actividad que simula el proceso de la microevolución y ayuda a los estudiantes a visualizar el concepto de cambios en el reservorio de genes de una población en un cierto tiempo. Esta actividad también ayuda a los estudiantes a entender que evolucionan las poblaciones, no los individuos. Los estudiantes utilizan una *“población”* de habas de varios colores que representan presas. Ellos *“capturan”* presas en áreas herbáceas durante un tiempo especificado, después calculan el número de *“sobrevivientes”* de cada color restando el número de habas *“capturadas”* de cada color del total. Después que los estudiantes agregan habas para simular la reproducción, capturan las presas y cuentan las habas restantes otra vez, sobre las *“generaciones”* sucesivas. Finalmente, analizan los resultados usando una hoja de balance, que demuestra el cambio en los colores dentro del reservorio de genes (Welch, 1993). Brewer y Zabinski describen actividades de simulación usando habas como en la actividad de Welsh. Sin embargo, las actividades de Brewer y Zabinski se diseñaron para ser utilizadas en grandes grupos así como en clases más pequeñas. Utilizan un formato de aprendizaje cooperativo, que se describe en el artículo, e incluyen simulaciones del flujo de genes, efecto del fundador y deriva génica (Brewer y Zabinski, 1999).

### 21.5.1. Mutaciones

Goff desarrolló una actividad en que los estudiantes trabajan en grupos diseñando aeroplanos de papel cuya construcción simula mutaciones. Los aeroplanos iniciales pueden tener solo cinco dobleces. Los similares se agrupan como miembros de la misma especie. Los estudiantes entonces realizan tres dobleces adicionales y ven si estas "mutaciones" han aumentado, disminuido, o no tienen ningún efecto en la capacidad del aeroplano de volar (Goff, 1995).

### 21.5.2. Selección Natural:

Se han propuesto numerosas actividades para simular la selección natural en clases, ya sea mediante juegos, ejercicios en papel o simulación mediante computación. Peter Fry (1977) plantea el uso de los moluscos *Gryphaea* y *Cepaea* para analizar cómo actúa la selección natural, en el primer caso relacionando la forma de la concha con la estabilidad, en el segundo estudiando la depredación sobre caracoles modernos, mediante selección visual y no visual. Los alumnos pueden realizar una variedad de ejercicios de laboratorio que incluyan la simulación de la selección natural (Hafner y Hafner, 1992). T. J. Hilbish y M. Goodwin (1994) proponen el uso de casos reales de selección natural en acción, por ejemplo con las plantas "diente de león" (*Taraxacum officinale*), en lugar de los habituales modelos artificiales de simulación por computación, los que critican aduciendo que muestran lo que podría ocurrir pero no lo que efectivamente ocurre en la naturaleza.

La National Academy of Sciences (1998, págs. 74-77) propone una actividad que mediante la selección natural introduce la formulación y prueba de hipótesis. El profesor da información y permite a los estudiantes pensar, actuar recíprocamente y proponer explicaciones. El problema inicial es: *"Un agricultor trabaja con ganado lechero en una estación de experimentación agrícola. La población de moscas en el granero era tan grande que fue afectada la salud de los animales. Entonces el agricultor roció el granero y el ganado con una solución de insecticida A. El insecticida mató a casi todas las moscas. Algunos días más tarde, sin embargo, el número de moscas era otra vez grande. El agricultor otra vez roció con insecticida. El resultado fue similar al del primer rociamento. Muchas, pero no todas, las moscas fueron muertas. Otra vez después de un tiempo la población de moscas aumentó, y otra vez fueron rociadas con el insecticida. Esta secuencia de acontecimientos fue repetida cinco veces; entonces se hizo evidente que el insecticida se hacía cada vez menos eficaz"*. El profesor da más información y los estudiantes siguen su discusión.

La National Academy of Sciences (1998, págs. 78-80) propone una actividad en la que los estudiantes experimentan simulando la selección natural, con diseños de géneros de varios colores que simulan ambientes naturales, tales como flores, hojas o frutas, y utilizando una perforadora de papel, recortan trozos de seis colores diferentes, que extienden sobre cada trozo de género y se recogen durante 20 segundos. Finalmente se compara la composición de la “población” inicial de recortes y la final, sobre cada género. En una actividad de R. V. McCarty y E. A. Marek, los estudiantes usan muestras de agua de charca con tres medios: uno que selecciona organismos Gram negativos, el mismo medio con un antibiótico que mata a organismos Gram negativos, y un medio no selectivo. Después de incubar las placas, los estudiantes observan colonias en las placas y realizan la tinción de Gram. Reuniendo los datos de la clase, observan que solo Gram negativas crecen en los medios selectivos, que las bacterias no crecen en la placa antibiótica, o solo algunas colonias, y que tanto Gram positivas como Gram negativas crecen en medios no selectivos. El profesor pregunta y guía una discusión respecto a la selección (McCarty y Marek, 1997).

Sherry S. Demastes, Ronad G. Good y Patsye Peebles (1996, pág. 427) describen una actividad en la cual a los alumnos se les muestran diferentes dibujos y fotografías y se les pregunta sobre su interpretación. En entrevistas utilizaron tres ilustraciones, se les mostró la primera y se les explicó la situación para que elaboraran una predicción basada en sus observaciones. Luego se les mostró la segunda ilustración de la serie y se les pidió realizar observaciones, y finalmente se les pidió que explicaran cualquier diferencia entre su predicción y la situación real. Por ejemplo, un dibujo mostraba un mamífero similar a un oso, con pelaje blanco corto junto a vegetación. Tres flechas salían desde el animal, con la frase “*edad del hielo*” sobreimpuesta. En el extremo de cada flecha se ilustró un nuevo mamífero similar al oso, el primero con pelaje largo y grueso, el segundo sin pelo y el tercero similar al animal original pero junto a una caverna. Luego de mostrárseles los dibujos, se les planteó (Demastes, Good y Peebles, 1996, pág. 428): “*El siguiente es una especie prototípica de oso. Observen que tiene pelo corto y es un marchador terrestre. Se aproxima la edad del hielo al lugar en que vive esta especie. De las tres posibles mutaciones vistas aquí (viviendo en cavernas, desarrollando pelaje largo, o perdiendo su pelo, cuál o cuáles piensas posible y cuál o cuáles imposible?. ¿Por que?.*”

Thomas E. Lauer presenta actividades usando dulces de colores (“*Jelly Belly®Jelly Beans*”) y el sentido del gusto de los estudiantes como herramientas de aprendizaje. Describe actividades que ilustran la selección direccional, disruptiva, y estabilizante, la exclusión competitiva, selección sexual, teoría óptima del forraje y el principio de Hardy-Weinberg (Lauer, 2000).

En una actividad propuesta por Peczkis se simula la selección natural actuando sobre mutaciones al azar durante muchas generaciones. Su propósito es ayudar a los estudiantes a entender que la selección natural carece de propósito. Dan a los estudiantes instrucciones en trozos de papel. Cada instrucción les dice obscurecer ciertos cuadrados en el papel de gráfico. Los "diseños del gráfico" de cada estudiante parecen diferentes de los demás debido al azar de sus instrucciones. El profesor identifica ciertas "adaptaciones" (por ejemplo forma circular) que sean ventajosas. Los diseños con esta forma se reproducen (se fotocopian) y entregan a los estudiantes. Se repite el proceso usando las fotocopias como punto de partida para las generaciones siguientes (Peczkis, 1993).

Knapp y Thompson (1994) describen cómo simular la selección natural usando cartas de juego. Los estudiantes observan cambios en un reservorio de genes durante "generaciones" sucesivas seleccionando las combinaciones ganadoras y desechando las perdedoras. Los autores también describen cinco variaciones del juego para simular qué sucede cuando existe un gen altamente beneficioso en la población, una mutación mortal dominante, una mutación mortal recesiva, deriva genética, y alteraciones ambientales importantes. Chandler (1997) pide que los estudiantes asuman el papel de los científicos que vivirán dentro de dos millones de años. Los estudiantes eligen un animal actual y describen algunas de sus adaptaciones, y después describen las presiones ambientales implicadas en el proceso de selección natural para la forma futura. Los estudiantes crean un organismo de tipo "*eslabón perdido*" entre el animal del futuro y su antepasado actual. Los trabajos se presentan en un simposio de la evolución de la sala de clases.

Iris Tabak y Brian J. Reiser (1997) presentan una simulación de selección natural utilizando objetos simples, como cuentas de colores que representan individuos diferentes y paños que simulan el hábitat, y un estudio de la selección natural en la naturaleza mediante una guía computacional basada en los estudios de Grant sobre los pinzones de Darwin de las islas Galápagos.

Cynthia Passmore y Jim Stewart (2002) describen un modelo de Selección Natural que crearon en un curso de enseñanza media superior. Dianne L. Anderson, Kathleen M. Fisher y Gregory J. Norman (2002) entregan una prueba diagnóstica para determinar el conocimiento de los alumnos acerca de la Selección Natural, el *Conceptual Inventory of Natural Selection* (CINS), formada por 20 preguntas de alternativas múltiples que emplea concepciones alternativas y distractores. Utilizan ejemplos reales de investigaciones, preferibles a las situaciones hipotéticas, a menudo engañosas o sobreesimplificadas.

Los estudiantes que habían leído *“El pico del pinzón. Una historia de la evolución en nuestros días”* de Jonathan Weiner (1902), desarrollan una mejor comprensión de la evolución biológica y de la selección natural, que cualquier estudiante que solamente había estudiado con textos tradicionales. Proponen desarrollar guías con preguntas adecuadas, discusiones y tests relativos a estas investigaciones que se desarrollan en Islas Galápagos. M. Jesús Caballer, Agnés Jiménez y Antonia Madrid (2002) describen una secuencia de actividades que pueden realizarse en el aula para analizar el origen de la diversidad y la selección natural.

Varios investigadores plantean a los alumnos problemas que requieren predicciones sobre cómo actúa la selección natural. Entre ellos: *“Cuando recién comenzaron a utilizarse, los insecticidas en aerosol eran altamente efectivos para matar a moscas y mosquitos. Ahora, 20 años después, una pequeña proporción de estos insectos muere cuando son rociados. Explica por qué crees que esto pueda ocurrir”* (Brumby, 1979, pág. 122; Brumby, 1984, pág. 501; Zuzovsky, 1994, pág. 569; Demastes, Good y Peebles, 1995, pág. 662). *“El antecesor de los murciélagos modernos no podía volar, asemejándose a una musaraña o un ratón. Asumiendo que el murciélago desarrolló sus alas a partir de brazos y piernas de sus ancestros similares a musarañas, explica cómo pudo haber sucedido utilizando la idea de la selección natural”* (Greene, 1990, pág. 878). *“Los guepardos (grandes félidos africanos) son capaces de correr a más de 60 millas por hora (o 100 km/h) cuando cazan a sus presas. ¿Cómo podría un biólogo explicar la habilidad de correr más rápido de los guepardos, asumiendo que sus ancestros corrían solo a unas 20 millas (o 30 km) por hora”* (Bishop y Anderson, 1990, pág. 418; Bizzo, 1994, pág. 541; Jensen y Finley, 1995, pág. 156; Demastes, Good y Peebles, 1995, pág. 662; Hagman, Olander y Wallin, 2001; Hagman, Olander y Wallin, 2002). *“Un 15% o un 20% de los escolares sufre ataques de piojos entre otoño y Semana Santa. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y los otros insecticidas ya no les hacen efecto a los piojos. ¿Cómo explicas que los insecticidas hace años hicieron efecto a los piojos y ahora no?”* (Jiménez, 1989, pág. 79; Jiménez, 1991, pág. 256; Jiménez, 1992, pág. 60; Jiménez, 2002, pág. 48-49).

### 21.5.3. Deriva Génica

Nancy L. Staub (2002) presenta ejercicios para enseñar la deriva génica a través del efecto fundador mediante el uso de chocolates de leche M&M®. Los diferentes colores de los chocolates representan los diversos genes alelos.

Se hace circular a través de la clase un recipiente con los chocolates y los alumnos extraen pequeñas muestras que se comparan, y a través de diversos procedimientos se analiza la relación entre el tamaño de la muestra y las proporciones “génicas” en relación con las originales.

## 21.6. Adaptaciones

La enseñanza del significado evolutivo de las adaptaciones requiere bastante cuidado (Hagman, Olander y Wallin, 2001). Lawrence C. Scharmann demuestra cómo utilizar un extracto del texto “*La sonrisa del flamenco*” de Stephen Jay Gould (1995) en una actividad del ciclo del aprendizaje que se centra en el concepto de la adaptación y en la idea de que la forma sigue a la función (Scharmann, 1993). Guerrierie describe una actividad acerca de las adaptaciones del pico en las aves, en la cual se instalan varias estaciones alrededor de la sala de clases y cada estación contiene un distinto tipo de alimento para aves. Los estudiantes utilizan herramientas de cocina y de oficina, tales como pinzas, una cuchara ranurada, y un removedor de corchetes, para la "alimentación" en cada estación durante un determinado tiempo prescrito. Los alumnos recopilan y comparan datos, y después examinan cuadros de los picos de pájaros para determinar a qué tipo de alimento se adaptan los "picos" para recolectarlos (Guerrierie, 1999).

## 21.7. Especiación

Offner presenta ejemplos de comparaciones de cromosomas para demostrar cómo enseñar la especiación y la conservación de genes usando cromosomas (Offner, 1994a; Offner, 1994b). Los alumnos pueden trabajar en la preparación y análisis de los cariotipos de animales locales y plantas (Hafner y Hafner, 1992).

## 21.8. Paleontología y Evolución

### 21.8.1. Colecciones de Fósiles

Dolph y Dolph describen una actividad en la cual los estudiantes analizan, identifican, y preparan especímenes de alta calidad de peces óseos fósiles. Los fósiles fueron comprados y provenían de la formación de Green River, Wyoming, Utah. Se encontraban en una matriz de piedra caliza, que los estudiantes quitaron cuidadosamente con una aguja de disección.

Después de rociar el fósil con plástico de acrílico para protegerlo, los estudiantes estudiaron la morfología del pez, comparándolo con ilustraciones de tres especies (Dolph y Dolph, 1990). En una actividad atribuida a Steve Randak y Michael Kimmel (1999), los estudiantes se transforman en imaginarios cazadores de fósiles que reconstruyen e interpretan animales prehistóricos.

Matthews describe una actividad en la que primero se evaluaron ideas erróneas de los estudiantes teniendo cada uno de ellos que seleccionar fósiles y no fósiles de una caja y explicar por qué piensan que el objeto que escogieron es o no es un fósil. Después de una discusión conducida por el profesor acerca de cuáles objetos son fósiles y por qué, la clase desarrolló una definición de fósil. A cada uno de los grupos de estudiantes se les dio un bolso con 15 fósiles, cada bolso con los mismos tipos. Cada grupo escogió un fósil para discutir con la clase. Después de estas discusiones iniciales, los estudiantes categorizaron y estudiaron los 15 fósiles usando los materiales de referencia. Finalmente realizaron un viaje en el que recogieron fósiles, los identificaron, limpiaron y montaron (Matthews, 1966).

James E. Platt describe cómo formar una colección de fósiles para usar en la sala de clase, discute los tipos de fósiles recomendados y proporciona una lista de distribuidores (Platt, 1999). Shaw, Crocker, y Reed describen actividades que proveen a los estudiantes de paciencia y habilidad para extraer y reconstruir fósiles. Después que el profesor presentó una conferencia acerca del trabajo de los paleontólogos, los estudiantes quitaron trozos de chocolate de las galletas con y sin una “herramienta” de dientes, y reconstruyeron la forma original de las galletas grandes hechas por el profesor, a partir de los pedazos (Shaw, Crocker y Reed, 1990). Los *National Science Education Standards* incluyen un ejemplo de una lección de investigación que utiliza fósiles de braquiópodos para ayudar a los estudiantes a distinguir entre la variación dentro de una población, y la variación en relación con el cambio evolutivo entre las poblaciones. La tarea de los estudiantes es determinar si dos poblaciones de organismos pertenecen a las mismas especies o a diversas especies recogiendo y analizando datos de poblaciones fósiles y repasando la literatura científica.

La National Academy of Sciences (1998, págs. 87-89) describe una actividad en la cual los estudiantes observan e interpretan "*huellas fósiles*". Se le piden construir hipótesis o explicaciones a partir de evidencias, intentan reconstruir acontecimientos del pasado geológico analizando un juego de huellas fosilizadas. Deben elaborarlas explicaciones defendibles de acontecimientos pasados a partir de pruebas limitadas, y en la medida en que más pruebas se hacen disponibles, sus hipótesis deben ser modificadas o abandonadas.



### 21.8.2. Colecciones paleontológicas

Bauermann y cols. (1989) realizaron un proyecto de enseñanza de la biología evolutiva para alumnos de primero y segundo grados que incluyó una visita al Departamento de Paleontología, sector de Vertebrados, de la Universidad Federal de Rio Grande del Sur, en Brasil. Los alumnos manejaron fósiles de animales y vegetales y elaboraron un calendario geológico con diseños de las formas típicas de cada era geológica.

En un proyecto descrito por Oden, los estudiantes realizan modelos y desarrollan sus propias exhibiciones de museo sobre la historia de la vida. Este proyecto de investigación culmina en el museo de la escuela (Oden, 1998). El museo de Paleontología en la Universidad de California en Berkeley ha creado un museo virtual en línea (<http://www~ucmp Berkeley.edu>). J. Scotchmoor realiza una descripción de este museo (Scotchmoor, 1995).

### 21.8.3. Árboles evolutivos y cladogramas

Steve D. Brewer, Director del Biology Computer Resource Center en la Universidad de Massachusetts en Amherst, describe los problemas en la construcción de un árbol evolutivo que permite que los estudiantes familiarizarse con los procedimientos usados por los científicos para explicar la historia evolutiva y para desarrollar el concepto de ramificación en la biología filogenética (Brewer, 1996; Brewer, 1997). Robert P. Gendron, profesor de la Indiana University of Pennsylvania, describe una actividad de laboratorio que enseña conceptos evolutivos mediante la construcción de árboles filogenéticos. La actividad utiliza los "*caminálculos*", organismos imaginarios con un expediente fósil. Una de los objetivos principales de esta actividad es ilustrar la conexión entre la clasificación de las especies vivas con sus relaciones evolutivas (Gendron, 2000). A partir de un artículo de Craig E. Nelson y Martín K. Nickels (2001), L. Flammer (2001) propone comparar las secuencias de aminoácidos de la beta hemoglobina de diversos primates, completar una matriz y a partir de ella construir e interpretar un cladograma.

### 21.8.4. Formas transicionales

Hazard describe una demostración en la sala de clases usando el proyector episcopio para enseñar a los estudiantes sobre formas transitorias en el registro fósil (Hazard, 1998).

### 21.8.5. Tiempo geológico

Debido a que la teoría de la evolución y los conceptos inherentes a ella son abstractos, es a menudo difícil que los estudiantes los capten sin representaciones concretas, especialmente en lo relativo a la duración de los tiempos geológicos. Se pueden utilizar líneas de tiempo de una distancia dada para representar una unidad de tiempo o las exhibiciones que permitan que los estudiantes vean un millón de objetos (Keown, 1982). Thomas Paul O'Brien muestra cómo ayudar a los estudiantes a desarrollar un sentido del tiempo geológico desarrollando una línea de tiempo simulada en el vestíbulo de la escuela, para lo cual usan un rollo de papel de tocadiscos (O'Brien, 2000). John Banister-Marx (1999) plantea una actividad en la cual los alumnos cuentan el número de capas anuales de sedimentos de la Formación Green River, en Wyoming. Larry Flammer (2002) desarrolla una lección sobre datación de rocas y fósiles. Karen Kalumuck (2003) propone una actividad de simulación de datación de muestras de rocas mediante radioisótopos. Larry Flammer (2003) describe una actividad mediante la cual los alumnos realizan un viaje retrógrado a través del tiempo hasta el origen del Sistema Solar. Para ello crean una línea de tiempo en una escala adecuada al perímetro de la sala de clases, ilustran los distintos acontecimientos y preparan una cinta de audio. Puede llevarse a los estudiantes al campo a "*ver, tocar y experimentar los remanente de ambientes pasados*" (Keown, 1988, pag. 408).

### 21.9. Evolución humana

J. Gipps describe una actividad en la cual se presentan a los estudiantes los moldes de cráneos de seres humanos actuales, de antropoides y de homínidos fósiles. Se pide a los estudiantes que determinen cuáles de ellos son humanos. Después que los estudiantes sugieren respuestas y entregan las razones de sus elecciones, el profesor enumera los criterios para el "humanidad". Los estudiantes entonces utilizan estos criterios para arreglar los cráneos en "orden evolutivo", desde *Australopithecus* a los seres humanos modernos, observando las características humanas que se desarrollan y las características de simio que disminuyen (Gipps, 1991). P. H. Riss describe actividades, dibujadas del programa *Stones and Bones*, para enseñar a los estudiantes las técnicas usadas en antropología física para medir el índice condilar de cráneos de varias especies de animales. El programa *Stones and Bones*, sobre antropología física, se desarrolló para los estudiantes de la High School secundaria por Los Angeles Unified School District, la L. S. B. Leakey Foundation y el Museo de Historia Natural del condado de Los Ángeles. P.H. Riss ha adaptado estas actividades con utilización de las fotocopias de los cráneos, que se reimprimen en el artículo (Riss, 1993).

## 22. RESUMEN

1. Existen dificultades generales en la Enseñanza de la Ciencia, por ejemplo la idea de que el conocimiento científico se basa en ecuaciones y definiciones que deben ser memorizadas mecánicamente, los alumnos suelen utilizar estrategias de razonamiento y metodologías superficiales, y aplican criterios de comprensión limitados. La Enseñanza de las Ciencias tradicional está desconectada de los problemas reales de los alumnos y hay dificultades de actualización de los contenidos, actualmente muy importantes dado que las transformaciones científico-tecnológicas determinan un alto ritmo de obsolescencia.

2. La evolución biológica constituye una de las unidades didácticas de un curso de biología más complejas de abordar en la enseñanza media. Existen dificultades propias de la materia, porque diversos conceptos básicos vinculados con la teoría evolutiva son difíciles de definir, delimitar o identificar, siendo ampliamente debatidos por los propios científicos. Muchos de los términos utilizados corrientemente son ambiguos, tienen más de un significado o han cambiado su significado con el tiempo. La propia definición de “*evolución biológica*” presenta problemas, así como conceptos tales como “adaptación”, “especie”, “medio”. Se suele simplificar el debate entre creacionismo y evolucionismo.

3. Muchos alumnos presentan dificultades para comprender los mecanismos básicos de los procesos evolutivos, debido a sus concepciones intuitivas. Suelen estimar que la evolución ocurre por modificaciones progresivas en los rasgos de todos los individuos, suelen pensar que los cambios se deben a necesidades adaptativas impuestas por el ambiente, en lugar de considerar las mutaciones, recombinación de genes y selección natural como sus causas. Suelen presentar pensamiento de tipo lamarquista, que no considera a la variación genética intraespecífica.

Piensan que la adaptación es un proceso individual de ajuste, que se debe a modificaciones físicas conscientes en respuesta a cambios ambientales, o como una respuesta a una necesidad o porque es algo natural, como un proceso consciente referido a las necesidades o deseos de los organismos de responder a algún requerimiento. A veces consideran a la evolución como un proceso ordenado y progresivo, debido a una supuesta tendencia evolutiva interna que sería como una extensión de una fuerza que induciría el desarrollo. Algunos errores conceptuales se deslizan en textos y pueden ser cometidos por los propios profesores.

4. En biología evolutiva se suelen utilizar términos como “evolución”, “adaptación”, “ambiente”, “especie”, “teoría”, “hecho”, “mutación”, “azar”, que en el lenguaje común tienen significados mucho menos precisos y suelen inducir a confusiones. Los profesores deben tener presente estas dificultades y realizar ejercicios que permitan discutirlos y aclararlos. Los estudiantes pueden realizar actividades que les lleve a distinguir entre los significados de los términos científicos en el contexto de la ciencia, de los significados de las mismas palabras en el lenguaje común.

5. La enseñanza de la evolución biológica enfrenta el rechazo de parte de la comunidad debido a motivos religiosos, lo cual ha provocado controversia sobre su enseñanza, especialmente en Estados Unidos. Es importante que los alumnos entiendan que por su naturaleza la ciencia es teológicamente neutra, la evolución no implica ni niega la existencia de divinidades. Diversos investigadores estiman que el rechazo a la idea de la evolución biológica por motivos religiosos puede enfrentarse analizando con los alumnos las características propias de la investigación científica.

6. Se suele decir erróneamente que la selección natural presenta un carácter tautológico partiendo del argumento que *“apto es el que sobrevive y el que sobrevive es el apto”*. Esta opinión es incorrecta porque la adaptación se define en términos diferentes a la eficacia reproductora y la selección natural a veces favorece variantes genéticas que reducen la adaptación de las poblaciones a su ambiente, por tanto la adaptación y la supervivencia son conceptos diferentes, y para un determinado tipo de organismos en un ambiente dado podría documentarse la relación entre la presión de la selección natural y la adaptación de determinado rasgo.

7. En Didáctica de las Ciencias, se han desarrollado distintas escuelas del pensamiento en relación con los modelos didácticos, basadas en diferentes marcos teóricos, algunas veces de forma explícita y en otros casos mediante planteamientos implícitos, de acuerdo a cómo ven los profesores su docencia. En la enseñanza de las ciencias los principales modelos didácticos utilizados en épocas recientes son el tradicional de transmisión-recepción repetitiva, el del descubrimiento inductivo, el de aprendizaje por recepción significativa y el modelo constructivista. El modelo constructivista, desarrollado desde la década de 1980, se ha convertido en un consenso emergente de la enseñanza de las ciencias. Afirma que el proceso de aprendizaje consiste en la construcción activa de significados por parte de quien aprende, la comprensión supone establecer relaciones y todo aprendizaje está influido por conocimientos previos.

8. Una serie de factores favorecen el aprendizaje de las ciencias. Entre ellos, son fundamentales la motivación, el clima de aula, el papel del Profesor, la organización de los contenidos, el trabajo grupal cooperativo, la perspectiva de indagación, los instrumentos de trabajo, la consideración de la dimensión Ciencia – Técnica – Sociedad, la estrategia modular y la consideración de la diversidad del alumnado).

9. Se han propuesto diversos métodos de enseñanza de las ciencias. Destacan entre ellos los mapas conceptuales, el razonamiento analógico y la modelización, la resolución de problemas, la resolución de problemas asociados a la historia de las ideas científicas, la realización de trabajos prácticos, la investigación y el ciclo de aprendizaje.

10. En el campo de la enseñanza de la biología evolutiva, numerosos investigadores y didactas han propuesto y ensayado diversas actividades de enseñanza para grupos de alumnos con distintas características y niveles educacionales, y en relación con los distintos temas evolutivos. Entre los temas abordados están la controversia entre evolución y creación, la relación de la Teoría de la evolución con la ciencia moderna, la historia de la ciencia evolutiva y del pensamiento científico, la resolución de problemas, la microevolución, adaptaciones, especiación, paleontología y evolución humana.



**CAPÍTULO V. PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA  
EVOLUCIÓN BIOLÓGICA**

---

## **INTRODUCCIÓN**

### **Cuestionario Previo: Unidad y Diversidad de los seres vivos**

Tarea Número 1: Origen de la Diversidad

Tarea Número 2: Origen de las adaptaciones

Tarea Número 3: ¿Cómo se produce la modificación de los seres vivos?

**Módulo número 1: La Teoría de la Evolución Biológica y la Ciencia**

**Módulo número 2: Historia de las ideas Evolutivas.**

**Módulo número 3: Microevolución.**

**Módulo número 4: Pruebas de la Evolución.**

**Módulo número 5: Adaptaciones y evolución biológica:**

**Módulo número 6: La especie biológica y los mecanismos de Especiación**

**Módulo número 7: Evolución transespecífica o Macroevolución**

**Módulo número 8: El origen de la vida**

**Módulo número 9: Evolución humana**



## EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

### INTRODUCCIÓN

La evolución biológica es la teoría unificadora de la Biología como ciencia, que le da sentido a los hallazgos de las distintas disciplinas biológicas. Un aspecto importante que es conveniente aclarar a los alumnos es la diferencia de la evolución en cuanto proceso que ocurre desde hace millones de años y en cuanto al mecanismo que produce este proceso. Es en este último aspecto en el que existen actualmente puntos de vistas variados entre los investigadores, lo que los antievolucionistas aprovechan para afirmar erróneamente que el hecho de la evolución biológica no es aceptado por todos los científicos.

### Objetivos Generales

Se espera que finalizado el estudio de los módulos propuestos, los alumnos comprendan:

1. La naturaleza científica de la evolución biológica y su importancia como concepto central de la biología.
2. La relación de la evolución biológica con la unidad y diversidad de los seres vivientes, contribuyendo con ello a desarrollar una actitud responsable frente a las formas de vida actuales.
3. Que la evolución biológica no sólo tiene un interés académico, puesto que además permite utilizar principios selectivos en la agricultura, ha sido esencial en la detección y utilización de combustibles fósiles, ha permitido el enfrentamiento a la resistencia a diferentes fármacos por parte de microorganismos, células cancerosas y plagas y será indispensable para que la humanidad establezca relaciones sustentables con su ambiente natural.

### Aprendizajes específicos esperados

- a) Se espera que los alumnos sepan y entiendan que:

1. Todos los organismos vivos se originan a partir de otros seres vivos y las especies cambian a través de los tiempos geológicos por medio de mecanismos que dependen de la herencia, el azar y la interacción con factores ambientales, fundamentos de las ideas actuales sobre la evolución biológica. El proceso de la evolución biológica se produce en las poblaciones, no en los individuos (aunque los caracteres de éstos derivan de la evolución) y comienza con cambios en la proporción de genes de una población (microevolución), proceso que conduce con el tiempo a grandes cambios a nivel de especies y de grupos taxonómicos superiores (macroevolución).

2. La idea de la evolución biológica implica que todos los seres vivos, tanto extintos como vivientes, se han originado a partir de antepasados comunes. Esta idea fue planteada desde tiempos muy antiguos por numerosos filósofos y posteriormente por naturalistas, siendo Charles Darwin el biólogo que pudo documentarla mejor y entregar explicaciones lógicas y científicamente verificables en relación con su mecanismo, llevando a su aceptación general entre los científicos. Las ideas darwinistas provocaron un gran impacto social y cultural, y fueron muy discutidas porque contrastaban con las antiguas ideas, generalmente aceptadas, de la creación independiente de las especies.

3. La evolución biológica es una “teoría” científica. La ciencia se basa en datos que se obtienen mediante observaciones o experimentos, diseñados cuidadosamente para respaldar o refutar conjeturas. La ciencia emplea métodos objetivos, desarrolla hipótesis consistentes con las observaciones y compatibles con su marco conceptual general. Las hipótesis científicas son potencialmente verificables, sus generalizaciones tienen validez universal, sus datos o descubrimientos pueden ser confirmados por otros investigadores. Las teorías son principios aceptados científicamente, apoyados por pruebas sustanciales que proporcionan una explicación de los hechos observados y una base para futuras discusiones e investigaciones. Las teorías se perfeccionan continuamente.

4. Como todas las ideas científicas, la Teoría de la Evolución ha tenido un desarrollo histórico, asociado estrechamente con el desarrollo de la cultura en el entorno social de los científicos, e influido por aspectos sociales y políticos, por el desarrollo tecnológico y las ideas filosóficas y religiosas de cada país y momento.

5. La teoría de la evolución fue discutida por los científicos tras ser planteada por Charles Darwin, pero hoy es una idea central, que da sentido a la Biología, siendo considerada como el más importante de los principios unificadores de esta ciencia. Las pruebas o evidencias tangibles que soportan a la evolución biológica son muy diversas y contundentes. No existe una supuesta “ciencia creacionista” que trabaje científicamente con la idea de la fijeza de las especies, quienes así opinan no trabajan científicamente en este campo, ignoran las bases de la biología y mantienen opiniones erróneas por mal entendidos motivos religiosos. Cuando actualmente se investiga la evolución biológica, se aplican fundamentalmente conceptos de genética, ecología, biogeografía, morfología, biología molecular y paleontología.

6. El concepto de “evolución” ha pasado de la biología a otras ciencias. Se habla de “*evolución de las estrellas*”, “*evolución de los continentes*”, “*evolución del lenguaje*”, etc. A veces se considera la existencia de un gran “*proceso evolutivo*” que incluye desde el origen del Universo hasta el origen de la cultura humana. Si bien es cierto que la evolución biológica, junto con la evolución cósmica y la evolución cultural pueden incorporarse en una visión unitaria, son procesos con características muy diferentes en cuanto a su extensión, mecanismos y resultados.

7. Diversos investigadores propusieron hipótesis sobre el mecanismo evolutivo. Charles Darwin y Alfred Russell Wallace plantearon la selección natural como la base principal. La teoría de Darwin ha sido ampliada con el avance de la genética, citología, bioquímica, biología molecular, paleontología, etc. La selección natural consiste en la reproducción diferencial y en ella intervienen el alto potencial reproductivo, limitación de recursos, estabilidad de las poblaciones, variabilidad genética intrapoblacional por mutaciones y recombinaciones, diferencias de adaptabilidad al ambiente y composición genética. La moderna teoría evolutiva incorpora además a otros factores.

8. La teoría de la evolución biológica explica tanto el registro fósil como las similitudes y las diferencias entre las especies de organismos vivientes y entre los diversos grupos taxonómicos que agrupan a tales especies. También la teoría de la evolución biológica explica las características adaptativas de los organismos. Existen diversas clases de adaptación biológica, que en general corresponden a estructuras o procesos que incrementan el potencial reproductivo, la sobrevivencia y la reproducción en condiciones ambientales específicas. El concepto de adaptación se aplica tanto a los procesos del cambio evolutivo como al resultado de dichos procesos.

9. Para comprender con claridad el proceso evolutivo debe comprenderse el tiempo evolutivo y entenderse qué es una especie. Si bien se acepta que las especies biológicas tienen una existencia real, dado el proceso evolutivo los límites entre las especies son a menudo arbitrarios. Existen varias definiciones de especies, el criterio usual para distinguir las es la capacidad de reproducirse entre sí, el que no puede aplicarse a las especies conocidas solo por fósiles ni a las que carecen de reproducción sexual. Las poblaciones con características similares cuyos individuos no pueden cruzarse entre sí se dicen que están aisladas reproductivamente. Diversos factores son responsables de esta condición. El aislamiento reproductivo interviene en distintos mecanismos de formación de nuevas especies mediante ramificaciones, procesos conocidos como “especiación”.

10. La evolución biológica no sólo tiene un interés académico, puesto que ha permitido el uso de principios selectivos en la agricultura, ha sido esencial en detectar y utilizar combustibles fósiles, será indispensable para que la humanidad pueda establecer relaciones sustentables con su ambiente y ha permitido enfrentar la resistencia a diferentes tipos de fármacos por parte de microorganismos, células cancerosas y plagas. Son ejemplos de la importancia práctica de la investigación y enseñanza de la evolución biológica en el campo de la Medicina: el análisis evolutivo en el diseño de vacunas, la aplicación de criterios evolutivos en la selección de organismos para ensayar fármacos y en transplantes de órganos, la comprensión de los síntomas de enfermedades como adaptaciones, la comprensión del proceso del envejecimiento y aspectos de la conducta humana.

11. El desarrollo evolutivo de los seres vivos sobre nuestro planeta incluye dos aspectos de gran interés para nuestra especie: Cómo se originó inicialmente la vida sobre la Tierra y cómo surgió la especie humana. Ambos temas han sido ampliamente estudiados y debatidos, en los últimos años han surgido ideas y descubrimientos en ambos temas, sobre los cuáles queda mucho por conocer.

b) Se espera que los alumnos mejoren sus habilidades para:

1. Obtener y procesar información científica proveniente de diferentes fuentes, tanto escritas como gráficas.
2. Informarse sobre hechos de la historia de la biología, distinguiendo hechos de interpretaciones y apreciando aportes y limitaciones.
3. Realizar observaciones y describirlas en un contexto científico.
4. Comunicar y discutir el significado de fenómenos científicos.
5. Realizar esquemas de síntesis.
6. Razonar, estableciendo relaciones entre conceptos científicos. Realizar indagaciones bibliográficas o en Internet como base para elaboración de material original comunicado en forma oral y escrita.

Se desarrollaron los contenidos que se estiman como prioritarios para comprender la Teoría de la Evolución, y se agruparon en nueve módulos. Se incluyeron los temas y subtemas de la biología evolutiva revisados en el punto 3.6. y se consideraron los aspectos que señalamos como “*características deseables*” de un texto de estudio sobre el tema. La agrupación de los subtemas es similar a la adoptada en el cuadro 7 y gráfico 4. Sin embargo, para equilibrar la amplitud de su desarrollo se separaron las generalidades sobre evolución del desarrollo histórico de las ideas evolucionistas, el tema “historia de los seres vivos sobre la Tierra” se separó en el origen de la vida y origen del ser humano, dejándose el “origen y evolución de grupos” para una actividad final de síntesis. Las “pautas evolutivas” se separaron en especies y especiación y en evolución transespecífica o macroevolución. Las adaptaciones se consideraron como un tema independiente. Los aspectos relativos a las teorías sociales se agruparon con el origen del ser humano. Una discusión más detallada de muchos aspectos aquí tratados y que suelen ser objeto de controversias, se revisan en el Capítulo IV: “*Bases para una propuesta de enseñanza de la evolución biológica*”.

Cada uno de los módulos incluye las palabras clave, un texto de lectura con los antecedentes y contenidos básicos del tema y a continuación diversas actividades, que incluyen prácticas, ejercicios, problemas y preguntas que revisan los principales aspectos del tema, estimulan el razonamiento, la discusión y la aplicación de conocimientos. Estas actividades se entregan sin seguir un orden ni secuencia específica, salvo algunas ligadas entre sí, de modo que el profesor podrá seleccionar el material y reordenarlo de acuerdo con su criterio. No es necesario realizar todas las actividades que se proponen, se trata de sugerencias que abarcan un abanico amplio de aspectos, algunos tratados en más de una forma. Para la utilización de este material, el profesor podrá seleccionarlo, adecuarlo al tiempo disponible y a las características y nivel de su curso y alumnos, modificar la secuencia de los módulos, su amplitud o profundidad, seleccionar parte de las actividades prácticas, ejercicios, problemas y preguntas, o elaborar otras similares. Se espera que estas actividades sirvan para construir o elaborar integradamente una síntesis de las ideas discutidas.

Se señala bibliografía sugerida para ampliar la información del módulo y algunas páginas útiles de Internet. Las actividades indicadas se pueden complementar con ideas expuestas por otros autores, reseñadas en el Capítulo IV, 21. “*Temas evolutivos y actividades que se han propuesto*”. Algunos materiales que se entregan en forma de ejercicios y problemas pueden exponerse con material audiovisual en clases, otros podrán revisarse en clases o en el hogar.

Al inicio de la sesión de clases, previamente a la exposición de las ideas fundamentales del tema, el profesor puede dejar planteadas algunas preguntas, que se analizarán al final de la sesión. Para ello, se recomienda organizar el trabajo de los alumnos en grupos pequeños. Cada alumno contestará las preguntas en forma individual. Terminado el trabajo, levantará la mano para que el profesor revise las respuestas. Una vez que todos los alumnos han finalizado, se organizarán los grupos previamente definidos para trabajar en común. Procederán a revisar cada una de las preguntas, cada alumno lee sus respuestas y el grupo concuerda una respuesta definitiva, que es recogida por un secretario de grupo. Si en alguna pregunta no se llega a un consenso, el secretario dejará constancia de ambas respuestas. El profesor solicitará que un representante de cada grupo de lectura a las respuestas del cuestionario, si se encuentran opiniones muy diversas entre los diferentes grupos se discutirán y analizarán, con el fin de llegar a la respuesta más acertada y completa. Los ejercicios, problemas o las preguntas también podrían adaptarse para evaluar los diferentes temas. Se incluye una prueba inicial para detectar conceptos previos sobre el tema. A continuación presentamos una breve síntesis del material de aprendizaje diseñado, y su organización en los respectivos módulos:

### **Módulo número 1: La Teoría de la Evolución Biológica y la Ciencia**

Se busca aclarar en qué consiste la evolución biológica, cuál es la naturaleza científica del concepto de “evolución biológica” y de los mecanismos propuestos para explicarla, así como de la reconstrucción de la historia de la vida sobre la Tierra y de la filogenia propuesta para los diferentes grupos biológicos. También se pretende que los alumnos distingan la naturaleza de los conocimientos científicos como diferente de las creencias religiosas y que no debe existir necesariamente oposición entre el concepto científico de “evolución” la idea religiosa de “creación”, aclarándose que lo opuesto al evolucionismo es el fijismo, no el creacionismo.

### **Módulo número 2: Historia de las ideas Evolutivas.**

Se hace una reseña de la historia de las ideas evolucionistas, primero dentro de la filosofía y más tarde en el campo científico, destacándose las principales hipótesis sobre el mecanismo del cambio evolutivo. El estudio de la evolución biológica entrega la oportunidad de ilustrar tanto la naturaleza de la ciencia como la relación entre ciencia y sociedad, mediante la reflexión acerca del contexto histórico y el impacto producido por la formulación y divulgación de la teoría de la evolución biológica.

**Módulo número 3: Microevolución.**

Se analiza el mecanismo evolutivo. Para su comprensión, los alumnos deben considerar que se basa en la variabilidad genética poblacional, contexto en el que pueden apreciar las ventajas de la reproducción sexual sobre la asexual. Los alumnos podrán aplicar sus conocimientos de genética e inferir que las mutaciones favorables tienden a extenderse en las poblaciones. Debe recalcar que las mutaciones pueden ser favorables, que pueden originar nuevos caracteres y que los cambios genéticos surgen al azar. Se ejemplificarán las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad mediante el análisis de los principios selectivos en la agricultura y el enfrentamiento a microorganismos patógenos o plagas, que experimentan cambios adaptativos debido a la selección natural ejercida sobre sus poblaciones por parte de antibióticos o plaguicidas.

**Módulo número 4: Pruebas de la Evolución.**

Se hace una síntesis de los principales tipos de hechos que condujeron a connotados científicos a plantear la idea de la Evolución biológica. Es importante exponer extensamente las evidencias que sustentan la Teoría de la Evolución. Es especialmente importante desarrollar pruebas en relación con la “macroevolución”, que es el aspecto más atacado y desvirtuado por los antievolucionistas. Son muy importantes las evidencias derivadas del registro fósil y los aportes de la biología molecular. No existen evidencias que refuten el principio científico del origen común de los organismos mediante evolución biológica.

**Módulo número 5: Adaptaciones y evolución biológica:**

Las características de un organismo son, en algún grado, adaptaciones para utilizar determinados recursos y ocupar ciertos ambientes de determinada forma. Se presenta el concepto de adaptación en sus diversos aspectos. Se distingue la adaptación permanente e irreversible de las especies a sus condiciones de vida, originada mediante selección natural sobre los genotipos poblacionales, de las adaptaciones individuales y reversibles a los cambios diarios o estacionales, también productos de la evolución.

## **Módulo número 6: La especie biológica y los mecanismos de Especiación**

Los seres vivientes se agrupan en especies. Se revisan las principales definiciones de especie biológica que se han propuesto a través de la historia, sus ventajas y desventajas, y los casos especiales que dificultan su aplicación. Se revisan los factores responsables del aislamiento reproductivo entre las especies similares, previos para la separación y diferenciación de las especies, y los distintos mecanismos de la formación de especies (“especiación”) en relación a consideraciones geográficas (especiación alopátrida, simpátrida, parapátrida, peripátrida).

## **Módulo número 7: Evolución transespecífica o Macroevolución**

Se analizan diversos aspectos relacionados con los grandes cambios en el nivel superior al de especies, en la formación de los grupos taxonómicos superiores, tales como los conceptos relacionados con las pautas de evolución en serie y evolución ramificada, anagénesis y cladogénesis, las relaciones entre evolución divergente, radiación adaptativa, evolución convergente, evolución paralela y coevolución. Se revisan las ideas de zonas adaptativas, alometría, y heterocronía, como aspectos vinculados a la macroevolución, así como las hipótesis del gradualismo filético y del equilibrio puntuado o equilibrio interrumpido. Se aclara que la evolución siempre se produce en mosaico, lo cual explica la *falacia del eslabón perdido*.

## **Módulo número 8: El origen de la vida**

Se revisan los principales problemas en relación con el origen inicial de la vida en la Tierra, las hipótesis que se han propuesto para resolverlos, sus fundamentos y limitaciones, así como los experimentos y observaciones que los apoyan. Se analizan las *teorías génicas del origen de la vida*, que explican el origen de la replicación genética; las *teorías proteicas del origen de la vida*, centradas en el origen del metabolismo, y la *teoría del origen doble*, que combina ambas. Se incluye el problema del origen de los virus y la hipótesis de la endosimbiosis en serie de Lynn Margulis para explicar el origen de las célula eucariótica.



**Módulo número 9: Evolución humana**

Se revisa la posición de la especie humana en el Orden Primates, las características que la distinguen de los antropoides vivientes, los antecedentes aportados por el registro fósil y el desarrollo de sus tendencias evolutivas. Se discuten algunas ideas relativas a los factores implicados en la evolución humana. Se revisa la evolución cultural y algunos aspectos sociales vinculados al evolucionismo, como el concepto de razas, la agresividad y el altruismo.

**CUESTIONARIO PREVIO****UNIDAD Y DIVERSIDAD DE LOS SERES VIVOS**

Nombre	Establecimiento	
Edad	Nivel	Sexo

**TAREA N° 1: ORIGEN DE LA DIVERSIDAD**

*Las islas oceánicas han surgido desde el fondo del mar por efecto de los volcanes. Ello ha ocurrido generalmente hace unos pocos millones de años. La mayoría de ellas está poblada por especies únicas, que no hay en otros lugares. Son similares a las de los continentes vecinos, pero claramente distinguibles.*

1a. ¿De dónde se originaron?

1b. ¿Por qué estas especies son exclusivas de estas islas?.

1c. ¿Por qué razón son similares pero distintas a las del continente vecino?

*En cualquier lugar del mundo los fósiles que se encuentran enterrados o son muy distintos a todos los organismos vivientes o son similares a los que hoy viven en la misma zona.*

1d. ¿Por qué razón suelen ser similares pero distintos a los organismos vivientes en la zona?

1e. ¿Por qué algunos fósiles como los grandes dinosaurios son bastante diferentes a cualquier tipo de organismo viviente?

## TAREA N° 2: ORIGEN DE LAS ADAPTACIONES

*Una característica que llama la atención en los seres vivos es la adaptación de sus estructuras, modos de vida y costumbres en relación al ambiente en que viven.*

2a. Los peces tienen escamas, branquias y aletas, que los adaptan a vivir en el agua; las aves poseen plumas, pulmones y alas que les sirven para desplazarse por el aire. ¿Cuál es el origen de estas diferencias entre los dos grupos?.

2b. Si sacamos un pez del agua se muere. ¿Podrían algunos peces en el futuro salir del agua y pasar a vivir en tierra?

2c. Si se seca un estanque durante algunas horas, ¿podrían algunos peces sobrevivir más tiempo que otros?. ¿Por qué?

2d. Si un tipo de peces vive en pantanos que se secan periódicamente, ¿Qué peces sobrevivirían más tiempo?. ¿Qué ocurriría con la población de estos peces después de cientos y miles de años?

*Los insecticidas que antiguamente eran muy eficientes para matar moscas y mosquitos, hoy son poco efectivos, y los laboratorios deben crear nuevos productos para eliminarlos.*

2e. ¿Cómo han ido desarrollando los insectos esta resistencia a los insecticidas?

2f. ¿Por qué hay moscas que resisten mejor los insecticidas que otras?.

2g. ¿Por qué cuando se aplica un insecticida por primera vez en una región mueren muchas moscas, pero siempre quedan algunas vivas?.

2h. Las moscas que sobreviven a los insecticidas se reproducen entre sí. ¿Cómo son sus descendientes en relación a los insecticidas, y por qué?.

2i. ¿Hay alguna similitud entre la sobrevivencia mayor o menos de las moscas frente al insecticida y de los peces ante la falta de agua explicado en el ejercicio anterior?.

2j. Las primeras moscas que sobrevivieron a los insecticidas se enfrentaron a una sustancia que no existe en la naturaleza.

¿Por qué tenían resistencia a ella?

¿Por qué transmitieron esa resistencia?

¿Por qué la resistencia a los insecticidas ha ido aumentando con el tiempo dentro de las poblaciones de moscas?

### **TAREA N° 3. ¿CÓMO SE PRODUCE LA MODIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS?**

*Existen algunas mariposas de colores muy llamativos que están bien protegidas de los pájaros por su sabor desagradable. Luego de intentar comer alguna, el pájaro aprende a asociar su mal sabor con su coloración llamativa. En las mismas zonas vive otra mariposa de igual colorido pero cuyo sabor es agradable, pero no es atacada por los pájaros, quienes la confunden con la otra especie.*

3a. ¿Cómo adquirió su coloración protectora la mariposa de buen sabor?

3b. Cuál de las dos mariposas crees que es más abundante, ¿la de sabor desagradable o la de sabor agradable, ¿Por qué?. ¿Qué ocurriría si aumentaran mucho las de sabor agradable y disminuyeran las de mal sabor?

3c. ¿Cómo pudo haber surgido la primera mariposa “imitadora”, que era mucho menos similar a la desagradable que lo que son sus compañeras vivientes?

4c. Tras la aparición de una primera mariposa imitadora, ¿Cómo se explica que aumentaran las características similares con la otra especie hasta llegar a ser casi iguales?

4d. ¿Qué similitud encuentras entre este caso y el de las moscas que resisten a los insecticidas?

4e. Si se cruzaran en laboratorio mariposas bien protegidas con otras de otro lugar, no tan bien protegidas, ¿Cómo sería su descendencia?. ¿Qué ocurriría con la descendencia a través de la generaciones si una parte sigue viviendo donde hay muchos pájaros y otra forma una población que se establece en una isla sin pájaros?

4f. La coloración distinta que adquirió la primera mariposa respecto a las demás de su grupo se debió a una mutación. ¿Cuál es el origen de las mutaciones?

## MÓDULO NÚMERO 1: LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y LA CIENCIA

**PALABRAS CLAVE:** Biodiversidad, microevolución, macroevolución, origen común, diversificación, selección natural, gradualismo, direccionalidad, progreso evolutivo, evolucionismo, fijismo, creacionismo, ciencia, teoría, evolución biológica u orgánica, evolución cósmica, química o inorgánica, evolución cultural o psicosocial.

### LECTURA

Si observamos a nuestro alrededor, en cualquier lugar de la Tierra en que nos encontremos, podemos reconocer una amplia variedad de organismos vivos, muy variados en sus dimensiones, formas, estructuras, funciones, conductas y abundancia. Decimos que existe una gran diversidad biológica o *biodiversidad*. Se dice que existe biodiversidad específica (número de especies biológicas) y biodiversidad genética (variaciones en el material genético de los seres vivos). En el primer aspecto señalado, algunos investigadores calculan que se han identificado alrededor de 1.700.000 especies vivientes (que incluyen animales, vegetales, hongos y microorganismos), pero suponen que la biodiversidad específica actual alcance a un número entre cinco millones y cien millones de especies. ¿Cómo se produjo esta enorme biodiversidad?.

El idea de *evolución biológica* es un concepto filosófico muy antiguo y amplio, sin embargo, recién en el siglo XIX fue establecido científicamente. Explica tanto la unidad como la diversidad de los seres vivientes, sus adaptaciones y su origen. Sostiene que las diferentes formas de vida que existen actualmente llegaron a ser lo que hoy son debido a un proceso de modificación continua e irreversible a partir de formas de vida ancestrales muy diferentes. Charles Darwin fue el primero en tener éxito en ordenar la evidencia básica y postular un mecanismo lógico que la explicara.

En el siglo XX, la genética moderna entregó las claves para entender cómo los procesos de la herencia y la reproducción llevan inevitablemente a la evolución. La genética molecular y los avances en la paleontología, finalmente, despejaron dudas. A partir de múltiples investigaciones, en todos los campos de la biología, la evolución biológica ha llegado a ser el fundamento de la biología moderna. En la historia de las ciencias, pocas ideas han generado un debate tan apasionado como la de la evolución biológica y han sido sometidas a tantas y tan diversas pruebas. Superando todas las críticas, para los biólogos actuales la vida y la evolución son tan inseparables como la materia y la gravitación, transformándose en un paradigma que configura cada aspecto de las ciencias biológicas.

Este proceso de “*descendencia con modificaciones*”, como lo denominó Charles Darwin, transforma a todos los grupos taxonómicos de seres vivientes. La evolución biológica consiste en la producción de cambios hereditarios y en su fijación en las poblaciones de organismos a través de largos períodos, lo cual con el tiempo provoca el surgimiento de nuevas especies y nuevas formas de vida, consideradas como nuevos grupos taxonómicos. El proceso de la evolución biológica se produce en las poblaciones, no en los individuos, aunque los caracteres de éstos se deban a la evolución, y comienza con cambios en la proporción de genes de una población (microevolución), proceso que conduce con el tiempo a grandes cambios a nivel de especies y de grupos taxonómicos superiores (macroevolución).

En la idea de evolución biológica subyacen varios aspectos que han sido estudiados y discutidos largamente, y que deben mantenerse separados:

1). *Evolución biológica como tal*. Es el proceso general de cambios históricos en las poblaciones y especies, hecho científico bien estudiado y conocido mediante el registro de la biodiversidad y de los cambios de los organismos en el tiempo geológico. Al respecto es claro que cada grupo natural de organismos contiene una herencia común, que los límites entre las especies son a menudo arbitrarios, que la existencia de la Tierra ha sido suficientemente larga como para que se acumulen los cambios hereditarios, que los fenómenos evolutivos pueden explicarse mediante leyes naturales que pueden ser conocidas y que en el proceso evolutivo participa la interacción entre los organismos y su ambiente.

Es el “hecho” de la evolución, que las especies cambian a través del tiempo y están emparentadas entre sí debido a que descienden de antepasados comunes, porque el grado de certeza va más allá de toda duda razonable. Esta teoría implica que cambian las características de nuestro mundo, su existencia es de varios miles de millones de años, sus cambios no son ciclos continuos y los organismos se transforman. El origen evolutivo de los organismos es una conclusión científica establecida con un grado de certeza comparable a conceptos como la redondez de la tierra, la composición molecular de la materia o el movimiento de los planetas.

2). *Historia evolutiva*. Un segundo aspecto es la historia evolutiva de los seres vivos, las afinidades concretas de parentesco entre unos organismos y otros, la determinación de cuándo se separaron diferentes linajes que dieron lugar a las diferentes especies vivientes o extinguidas.

La investigación histórica de la evolución incluye desentrañar la sucesión histórica de los organismos, precisar ritmos evolutivos, multiplicación y extinción de especies, colonización de islas o continentes y otros aspectos relacionados, interpretados a partir del registro fósil, embriología, anatomía comparadas y bioquímica. La historia evolutiva de los organismos incluye los conceptos de *origen común* y de *diversificación de las especies*. La idea del origen común establece que cada grupo de organismos se originó a partir de un antepasado común, y que todos los grupos de organismos se remontan a un único origen de la vida sobre la Tierra. La idea de la diversificación manifiesta que las especies se originan a partir de especies previas, que se dividen en dos o más nuevas.

3). *Mecanismo evolutivo*. Se refiere a las causas de la evolución, los mecanismos biológicos o el “motor”, para el que Charles Darwin y Alfred Rusell Wallace propusieron el proceso de *selección natural*, concepto que ha sido precisado, ampliado y enriquecido con conocimientos derivados de la genética de poblaciones y de la genética molecular. La selección natural implica que sobreviven y se reproducen relativamente pocos organismos de cada población y con mayor probabilidad aquellos que presentan una combinación favorable de caracteres hereditarios en relación a sus formas de vida en un determinado ambiente, caracteres que tienden a perpetuarse y extenderse en las próximas generaciones. Las teorías evolutivas modernas además consideran otros factores.

4). *Gradualismo*. Charles Darwin pensaba que el proceso evolutivo ocurre mediante acumulación de cambios graduales pequeños. Otros investigadores han planteado que la evolución sería un proceso discontinuo, los cambios evolutivos serían más bien repentinos y la macroevolución se debería a mecanismos diferentes a los de la microevolución. Probablemente en la realidad ocurran ambos tipos de pautas evolutivas.

5) *Direccionalidad*. Una idea asociada con la evolución biológica es que ésta se vincule con algún tipo de progreso inevitable desde formas “inferiores” a formas “superiores”, o que el ser humano sea la cúspide de la evolución, conceptos que han quedado desacreditados. La existencia de una “*dirección*” en la evolución implica series de cambios en una secuencia lineal en relación con alguna característica o propiedad. Existen varios conceptos relacionados con la idea de progreso, y un investigador puede estar de acuerdo con determinados aspectos y no con otros, de allí la posible confusión. Se entiende que “*progreso*” implica un cambio prolongado y en sentido positivo. La evolución incluye cambios prolongados, pero el punto de discusión es bajo qué circunstancias y en qué sentido tales cambios pueden considerarse positivos. Es discutible que pueda afirmarse que exista realmente un “*progreso evolutivo*”.

Las ideas darvinistas provocaron un gran impacto social y cultural, y fueron muy controvertidas porque contrastaban con las antiguas ideas, generalmente aceptadas, de la creación independiente de las especies. La teoría de la evolución fue ampliamente discutida entre los científicos cuando fue planteada públicamente por Charles Darwin, pero hoy se ha convertido en una idea central, que da sentido a la Biología moderna, siendo actualmente considerada como el más importante de los principios unificadores de esta ciencia.

Las pruebas o evidencias que soportan a la evolución biológica son muy diversas y contundentes. No existe una supuesta “ciencia creacionista” que trabaje científicamente con la idea de la fijeza de las especies, quienes así opinan no trabajan científicamente en este campo, ignoran las bases de la biología y mantienen opiniones erróneas por mal entendidos motivos religiosos.

Aunque inicialmente ciertos grupos religiosos se opusieron fuertemente al evolucionismo por razones extracientíficas, tales posiciones han ido desapareciendo. El 23 de octubre de 1996, S.S. Juan Pablo II habló en la Pontificia Academia de Ciencias acerca de la posición de la Iglesia Católica en relación a la teoría de la evolución: *“Hoy casi medio siglo después de la publicación de la encíclica, nuevos conocimientos llevan a pensar que la teoría de la evolución es más que una hipótesis. En efecto, es notable que esta teoría se haya impuesto paulatinamente al espíritu de los investigadores, a causa de una serie de descubrimientos hechos en diversas disciplinas del saber. La convergencia, de ningún modo buscada o provocada, de los resultados de trabajos realizados independientemente unos de otros, constituye de suyo un argumento significativo en favor de esta teoría”*.

El supuesto conflicto entre Religión y Ciencia no tiene lógica, puesto que cada una tiene su propio campo de acción. La Ciencia se dedica a la investigación empírica, intenta documentar el carácter objetivo del mundo real y explicar por qué funciona en la forma en que lo hace, estudiando los hechos y leyes de la naturaleza; en cambio la Religión se preocupa de los valores humanos morales y de la trascendencia, es la búsqueda espiritual del sentido definitivo de la vida y los valores, lo cual la ciencia no puede aportar. Ambos campos son dignos de respeto, son independientes entre sí y por lo tanto libres de interferencias recíprocas.

El concepto opuesto a “evolucionismo” es “fijismo”, la idea de que las especies son fijas, inmutables a través de los tiempos. En cambio, “creacionismo” no se opone a “evolucionismo”.



El sinónimo de fijismo es el *creacionismo directo*, que es solo un tipo de creacionismo. Los conceptos de Creación y de Evolución tienen puntos de partida distintos, la Creación, concepto de carácter metafísico-religioso, se refiere a la acción de un Dios creador; en cambio, la Evolución, concepto ontológico científico, se refiere a la transformación del cosmos. El concepto científico de evolución no excluye ni incluye *a priori* a la idea de Creación. El conflicto surge cuando erróneamente se invade un terreno ajeno, cuando a partir de principios religiosos alguien se niega a aceptar la abrumadora evidencia científica a favor de la evolución biológica, o a partir del conocimiento científico se pretende concluir la existencia o inexistencia de Dios.

Quienes argumentan livianamente que la evolución biológica es “*solo una teoría*” no saben, o aparentan no saber, lo que significan las teorías científicas. En el lenguaje popular, la palabra “*teoría*” se refiere a algo que no está probado, una afirmación o conjetura que puede o no ser cierta. Ese significado utilizan los fijistas cuando afirman que la evolución es “*sólo una teoría*”, indicando que los propios científicos hablan de “*teoría de la evolución*”. En ciencia, sin embargo, la palabra “*teoría*” tiene un significado muy distinto, se trata de grandes construcciones intelectuales que abarcan numerosos hechos bien comprobados.

La ciencia se basa en datos obtenidos mediante observaciones o experimentos, diseñados para respaldar o refutar conjeturas. En la investigación científica generalmente se recogen datos en forma de evidencia comprobable y se formulan hipótesis para explicarlos. La ciencia emplea métodos objetivos, desarrolla hipótesis consistentes con las observaciones y compatibles con su marco conceptual general. Las hipótesis científicas son potencialmente verificables, sus generalizaciones tienen validez universal, sus datos o descubrimientos pueden ser confirmados por otros investigadores. Una vez que la hipótesis ha pasado exitosamente las pruebas de comprobación a las que se somete, pasa a formar parte de una teoría científica, que forma un armazón establecido dentro del cual se interpreta la relación de los datos.

Las teorías son principios aceptados científicamente, que se perfeccionan continuamente, son apoyadas por pruebas sustanciales que proporcionan una explicación de los hechos observados y otorgan una base para futuras discusiones e investigaciones. Sobre la base de la teoría, se formulan nuevas hipótesis y se identifican áreas en las que pueden recogerse nuevos datos. Si la teoría continúa explicando los nuevos datos correctamente, se dice que tiene un grado alto de fiabilidad.

La evolución biológica es una “teoría” científica que explica los mecanismos por los cuales ha surgido la enorme diversidad de organismos vivientes o extinguidos, y busca realizar la reconstrucción de la historia de la vida sobre la Tierra y la filogenia de los grupos biológicos. Así, también existe la “teoría celular” o de la “teoría atómica”, pero sería absurdo plantear que la existencia de las células o de los átomos sea discutible porque se trata de “teorías”.

El concepto de “evolución” se ha extendido desde la biología a otras ciencias. Actualmente se habla de la “*evolución de las estrellas*”, “*evolución de los continentes*”, “*evolución del lenguaje*”, etc. A veces se considera la existencia de un gran “*proceso evolutivo*” que incluye desde el origen del Universo hasta el origen de la cultura humana. Por ejemplo, Sir Julian Sorell Huxley (1887-1975), planteó que la evolución biológica no es sino una etapa de un proceso único complejo, que con diferentes mecanismos abarca toda la realidad, incluyendo las transformaciones físicas del Universo en su conjunto y los cambios culturales de la sociedad humana. Esta idea ha sido retomada y desarrollada en fechas recientes, en relación con las nuevas ideas de la termodinámica del desequilibrio y la teoría de los sistemas dinámicos y con otros desarrollos científicos modernos. Pero si bien es cierto que la *evolución biológica u orgánica*, junto con la *evolución cósmica, química o inorgánica*, y la *evolución cultural o psicosocial*, pueden incorporarse en una amplia visión unitaria, se trata de tres procesos con características muy diferentes, que difieren radicalmente en su extensión, mecanismos y resultados.

### **BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

De Beer, G. (1970); Brncic (1979) Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine (1980); Strickberger (1993); Ridley (1996)

### **SITIOS DE INTERNET**

<http://evolution.berkeley.edu/evosite/evohome.html>

<http://www.talkorigins.org/>

<http://bioinformatica.uab.es/divulgacio/evol.html>

<http://evolutionibus.eresmas.net/>

<http://library.thinkquest.org/C004367/bees.shtml>

<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/>

<http://users.mstar2.net/spencersa/evolutus/index.html>

## ACTIVIDADES

1.1. Completa el siguiente Cuadro comparativo:

	Evolución cósmica	Evolución biológica	Evolución cultural
Extensión temporal conocida			
Extensión espacial conocida			
Mecanismo que la produce (factores)			
Resultado			
Ejemplos			

1.2. Completa el cuadro con el significado de los aspectos de la teoría evolutiva:

ASPECTO	EXPLICACIÓN DE SU SIGNIFICADO
Cambio evolutivo	
Origen común	
Diversificación	
Gradualismo	
Selección natural	
Direccionalidad	

1.3. ¿Produce la evolución un mejoramiento absoluto de las especies a través del tiempo?. Justifica tu respuesta.

1.4. Muchos historiadores de la Ciencia han afirmado que cuando Charles Darwin expuso públicamente la idea de la evolución biológica se produjo una verdadera revolución en la Biología. ¿Por qué piensas que pudo haber ocurrido?.

1.5. A continuación entregamos una “sopa de letras”. En ella podrás encontrar 30 palabras relacionadas con la evolución biológica. Se pueden ubicar en posición horizontal, vertical o diagonal, y en cada uno de estos casos pueden estar escritas en forma normal o invertida. Ubica el máximo posible de ellas (ojalá todas!) marcándolas con un lápiz. Al finalizar el trabajo trata de definir las, y por último compara tus definiciones con las que entregamos en el texto.



1.6. Define con tus propias palabras qué es la evolución biológica.

1.7. Explica cuáles son los aspectos fundamentales que se consideran cuando se estudia la evolución biológica.

1.8. Realiza predicciones de cómo deberían distribuirse a través del tiempo los seres vivos, siguiendo tres ideas que diversos pensadores han propuesto a través de la historia: generación espontánea, creación especial, evolución biológica. Examina en algún libro o texto de estudio una representación de las faunas y floras típicas de las distintas eras geológicas. Analiza sus características y distribución temporal y determina a cuál de los tres modelos señalados (generación espontánea, creación especial, evolución biológica) se ajustan mejor.

1.9. ¿Por qué se afirma que la evolución biológica es el principal principio unificador o integrador de la biología?

1.10. ¿Cuáles son las diferencias básicas entre los procesos de evolución cósmica, evolución biológica y evolución cultural?

1.11. ¿Crees que la evolución actúa transformando desde lo más simple a lo más complejo, desde lo más pequeño a lo mayor, lo inferior a lo superior o cualesquiera otra tendencia?. Razona y justifica tu respuesta.

1.12. Si tomamos al azar 10 especies vivientes de diferentes grupos biológicos ¿podemos ordenarlas científicamente en una escala desde la más primitiva o inferior hasta la más evolucionada o superior?. Razona y justifica tu respuesta.

1.13. ¿Por qué el evolucionismo es un concepto científico y no así su opuesto, el fijismo o creacionismo directo?

1.14. ¿Por qué razones no debería producirse un conflicto entre las ideas científica y las creencias religiosas?. ¿Bajo qué condiciones existe oposición entre evolucionismo y creacionismo?

1.15. Los fundamentalistas rechazan la evolución biológica porque consideran que la Biblia es infalible. Génesis 1:20-23 dice que las aves fueron creadas el quinto día, antes de Adán, Génesis 2:19 dice que lo fueron después de Adán. Levítico 11:21-23 dice que los insectos de tipo saltamontes tienen 4 patas. ¿Puede considerarse a la Biblia como un libro científico infalible?.

1.16. ¿Qué limitaciones tiene el estudio de la Evolución biológica?.

1.17. ¿Es lo mismo darvinismo que evolucionismo?. Justifica.

1.18. Si debes seleccionar en un laboratorio un organismo para ensayar vacunas y fármacos y obtener órganos para transplantes a personas, ¿Cuál de los siguientes organismos recomendarías: gato, mono, res, perro, oveja, vacuno?. Justifica tu elección.

1.9. ¿Por qué se dice que la Evolución Biológica es una teoría?

## MÓDULO NÚMERO 2: HISTORIA DE LAS IDEAS EVOLUTIVAS

**PALABRAS CLAVE:** Tales de Mileto, Anaxímenes, Heráclito, Anaximandro, Empédocles, Aristóteles, cadena de los seres, creacionismo directo, Carl von Linné, Georges Cuvier, catastrofismo, Alcide D'Orbigny, creaciones sucesivas, Jean Lamarck, uso y desuso de los órganos, herencia de caracteres adquiridos, Charles Darwin, Charles Lyell, Thomas R. Malthus, selección natural, Alfred R. Wallace, lucha por la existencia, Hugo de Vries, mutacionismo, August Weismann, neodarwinismo, neolamarquismo, genética poblacional, Ronald Fisher, Sewall Wright, John B. S. Haldane, sinteticismo, Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr, George G. Simpson, Stephen J. Gould, equilibrio puntuado, Lynn Margulis, endosimbiosis, Mooto Kimura, neutralismo.

### LECTURA

Ideas *evolucionistas* fueron expresadas por filósofos griegos que se preguntaron por el origen de las cosas. Para Tales de Mileto (siglo IV a.C.) el agua sería el origen de todo, Anaxímenes (segunda mitad del S. VI a.C.) propuso al aire como elemento primario esencial, y Heráclito (535-475 a.C.) sugería al fuego como elemento primordial. Anaximandro (610-546 a.C.) propuso que los seres vivos están relacionados entre sí y que pueden cambiar, que el hombre nació de un ser diferente, y que los primeros seres vivos aparecieron en el agua antes de colonizar la tierra firme. Empédocles (490-435 a.C.) entregó confusos antecedentes de la selección natural. Aristóteles (384-322 a.C.) sugirió que los seres vivos pueden organizarse en una escala natural o “*cadena de los seres*”, desde los más imperfectos hasta el ser humano, idea que influyó en el pensamiento evolucionista. La evolución no era un concepto desconocido para los filósofos griegos, pero tampoco era una opinión predominante.

Numerosos filósofos y biólogos, hasta mediados del siglo XIX, mantenían puntos de vista *fijistas*, creían que las especies se originaron independientemente y que han permanecido sin cambios. En la Edad Media solía considerarse a la Biblia como fuente de conocimiento científico y se interpretó literalmente, asegurándose que las especies surgieron en tiempos históricos por creación divina definitiva. En el campo científico, quienes contribuyeron fundamentalmente a elaborar esta imagen fija de la naturaleza fueron el naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778) y el paleontólogo y anatomista francés Georges Cuvier (1769-1832).

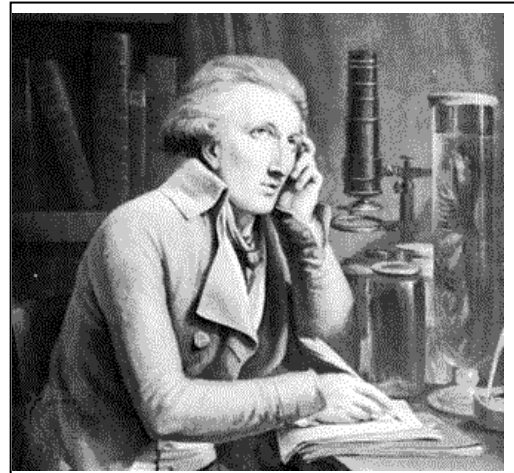


Carl Von Linné  
(1707-1778)

Carl von Linné dedicó su vida a clasificar y denominar los organismos de acuerdo con semejanzas estructurales. Creía que cada especie es una idea distinta en la mente de Dios y que los grupos naturales de organismos son planes divinos de organización, planteándose la misión de discernir el plan. En 1735, en su obra *Systema Naturae*, presentó su clasificación de los reinos animal, vegetal y mineral, en 1736 dijo que *las especies son tan numerosas como cuando el Ser Infinito las creó en un principio*, y en 1751 afirmó que su sistema de clasificación derivaba de la creación divina inmutable de las especies.

La clasificación de Linné era jerarquizada, agrupaba a las especies similares en géneros, los géneros en órdenes, los órdenes en clases y así sucesivamente. Los evolucionistas vieron en este sistema las ramificaciones evolutivas, de modo que lo transformaron fácilmente en un amplio desarrollo de las relaciones evolutivas bajo la forma de árboles genealógicos. Linné llegó a aceptar a partir de 1760 cierto grado de evolución al interior de los géneros, al estudiar plantas mutantes o híbridas.

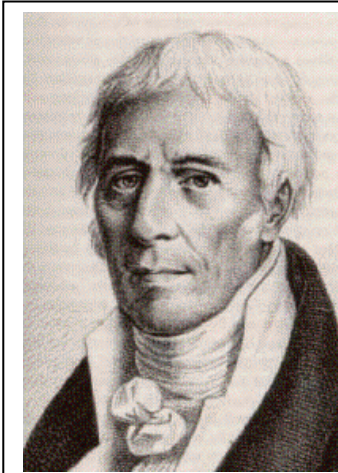
Análogamente, Georges Cuvier (1769-1832) creyó firmemente en la estabilidad e inmutabilidad de las especies, pero sus contribuciones teóricas y prácticas a las ciencias fueron útiles para los biólogos evolucionistas. Georges Cuvier fundó la paleontología de vertebrados y fue experto en reconstruir a los organismos a partir de sus restos fósiles, aplicando su principio de correlación de órganos.



Georges Cuvier (1769-1832)

Georges Cuvier desarrolló un amplio sistema para clasificar a los animales e inició notables estudios de anatomía comparada. El hallazgo de fósiles completos de especies muy diferentes a las actuales, como el hallazgo de un ictiosaurio en 1811, le llevó a plantear que los fósiles representan especies extinguidas. La idea de extinción era en ese tiempo teológicamente inconcebible y representaba un grave escollo para la noción de una naturaleza perfecta e inmutable. Para conciliar sus descubrimientos con las ideas de la época, creó la teoría de las revoluciones o catástrofes de la Tierra, que dio origen a la escuela llamada *catastrofismo*, según la cual una serie de catástrofes aniquiló periódicamente a la mayoría de los seres vivos de entonces, y los sobrevivientes colonizaron los sitios que quedaron vacíos tras la extinción de las especies.

Un discípulo de Cuvier, el naturalista Alcide D'Orbigny (1802-1857) planteó la hipótesis de la destrucción completa de faunas y floras seguidas por su reemplazo mediante una nueva creación (“*creaciones sucesivas*”).



Jean Baptiste Lamarck

En la obra del naturalista francés Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829), el más importante de los evolucionistas predarwinianos, se sugirió un mecanismo para explicar el proceso evolutivo. Jean Lamarck inició su carrera como botánico, creyendo en la invariabilidad de las especies y más tarde se dedicó a estudiar los invertebrados. En 1802 propuso la idea en uno de sus cursos y en 1809, el mismo año en que nació Charles Darwin, publicó la primera teoría organizada científicamente acerca de la evolución.

Jean Lamarck publicó en 1809 su libro “*Philosophie Zoologique*” (“Filosofía Zoológica”), con el que contribuyó a la clasificación y aportó pruebas de la evolución de las especies. Jean Lamarck fue el primero en desarrollar la idea de la descendencia como teoría científica completa, independiente y como base filosófica de la evolución, que explicaba cómo y por qué evolucionan los seres vivos. Aunque en su tiempo fue poco apreciado, tras la publicación de la obra de Charles Darwin hubo una gran cantidad de seguidores de Lamarck, que dieron origen al *neolamarquismo*.

Las ideas evolucionistas de Jean Lamarck se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. En los organismos existe un mecanismo interno que los lleva a evolucionar surgido de la acción del *movimiento de los fluidos internos* y la reacción de los sólidos, configurando un sistema de funcionamiento autoinductivo, que puede canalizarse a través de las necesidades y les lleva a su perfeccionamiento. Algunos científicos han interpretado erróneamente esta idea como un “impulso vital” o “fuerza interior” que ha sido conocida como “*tendencia a la evolución inherente al protoplasma*”.

2. Por sus propias características, la vida tiene *tendencia a aumentar*. Los seres vivos y sus partes tienden a aumentar continuamente sus dimensiones. Las especies cambian lenta y gradualmente hacia formas mayores y más progresistas.



3. Se generan nuevas necesidades a los organismos cuando se producen cambios en el ambiente. Por ello se ven obligados a utilizar ciertos órganos en mayor o menor medida, o a no utilizarlos, lo que provoca que estos órganos se formen, se desarrollen, se atrofien o desaparezcan. Durante la vida de un organismo las partes que se usan se desarrollan y crecen, en cambio las no estimuladas por el uso se atrofian (“*uso y desuso de los órganos*”). Esta idea es muy antigua, fue expresada por Platón, y se resumió en frases populares: “*la función crea al órgano*” o “*la necesidad crea al órgano*”.

4. Las alteraciones o cambios, adquisiciones o pérdidas durante la vida del organismo, son heredables, estos cambios ocurridos durante la vida del individuo se transmiten a la siguiente generación (“*herencia de caracteres adquiridos*”).

5. Las especies no se extinguen ni se ramifican. El proceso se produce sin cesar, la *generación espontánea* es un acontecimiento frecuente para los organismos microscópicos, a partir de los cuales la vida evoluciona en dos líneas independientes, las plantas y los animales.

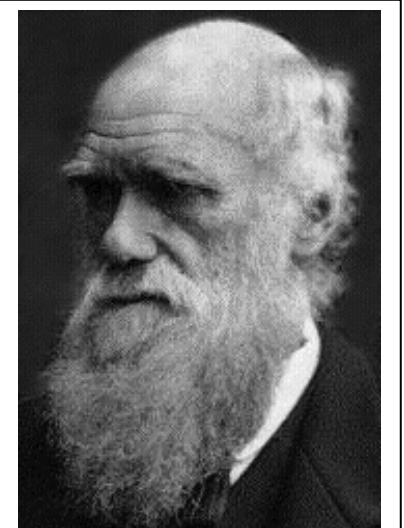
Desde el punto de vista lamarquista, la evolución es moldeada por las necesidades y refleja una programación encauzada a resolver exitosamente las dificultades presentadas por el ambiente. Esta hipótesis está actualmente descartada porque la biología molecular no puede explicar la herencia de los caracteres adquiridos, la generación espontánea en las condiciones actuales está desacreditada y la tendencia inherente del protoplasma no es más que una fantasía.

La base de las ideas modernas acerca de la evolución biológica, surgió en 1859 con la obra del notable naturalista inglés Charles Darwin (1809-1882), “*On the Origin of Species...*” (El origen de las especies”), que proporcionó numerosas evidencias a favor del proceso evolutivo. Los estudios de Charles Darwin convencieron a la mayoría de los biólogos de que la evolución ha ocurrido, y para explicarla planteó una nueva hipótesis, más completa y lógica. Su concepto de evolución postula que la diversidad de especies se ha producido por descendencia con modificación desde un origen común, y que el principal mecanismo de cambio evolutivo, la selección natural, explica las adaptaciones exhibidas por los organismos vivos.

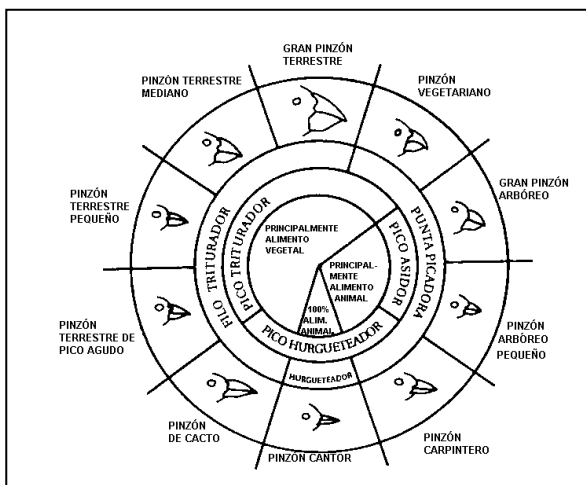
Su abuelo, Erasmus Darwin (1731-1802) había escrito ideas especulativas sobre la evolución que Charles Darwin leyó cuando joven, pero inició su carrera creyendo en la invariabilidad de las especies.

Las investigaciones de campo en biología y geología que Charles Darwin realizó durante un viaje alrededor del mundo como naturalista del bergantín *HMS Beagle*, especialmente en Patagonia e Islas Galápagos, le entregaron pistas para formular su teoría evolutiva. El barco *HMS Beagle* zarpó de Gran Bretaña en diciembre de 1831 y volvió en octubre de 1836.

En este viaje estudió la distribución geográfica y variabilidad de diferentes especies de animales y plantas, y observó la variedad de razas humanas. Charles Darwin desembarcaba para hacer observaciones y recoger ejemplares, alquiló caballos y guías, acampó en el interior, trepó montañas y alquiló viviendas. En varias oportunidades Charles Darwin envió material biológico al botánico John Stevens Henslow (1796-1861). Su hallazgo del cráneo fósil de un megaterio produjo sensación cuando Henslow lo presentó en una exposición de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia. Leyó extractos de muchas de las largas cartas de Charles Darwin en sesiones de la Sociedad Filosófica, por lo que el joven naturalista se convirtió en un científico conocido y respetable.



Charles Robert Darwin  
(1809-1882)



Las observaciones de Darwin en el Archipiélago Galápagos tuvieron un papel importante en la elaboración de su hipótesis de transformación de las especies. Le llamaron especialmente la atención las tortugas gigantes y los pinzones. El vicegobernador M. Lawson le señaló que cada isla posee su propia variedad de tortuga gigante.

Una situación similar encontró con 14 especies de pinzones de estas islas, con morfologías y hábitos diferentes de los del continente. Las Galápagos habían emergido hace pocos millones de años como rocas volcánicas desoladas desde el fondo marino. Darwin pensó que las especies de pinzones podrían haber derivado de un antepasado común llegado desde el continente, y que habrían cambiado su apariencia en su aislamiento, para explotar con mayor eficacia los recursos alimentarios de cada isla. Escribió: *"Cabe imaginar que, a partir de la escasez de aves de este archipiélago, se aprovechó una especie con fines diversos"*.

A Darwin le intrigaban las singularidades de la distribución geográfica: ¿Por qué los organismos que viven al este de los Andes son diferentes de los que viven al otro lado?, ¿Por qué los animales sudamericanos difieren de los norteamericanos?, ¿Por qué los del extremo norte son similares en todos los continentes?, ¿Por qué no hay mamíferos terrestres en las islas Galápagos, salvo una rata?, ¿Por qué no hay peces dulceacuícolas ni ranas en las islas oceánicas?, ¿Por qué en Galápagos las especies animales y vegetales son tan exclusivas?.

El problema de la distribución se le planteó luego en Nueva Zelanda, donde los nichos ecológicos que en otras zonas utilizan diversidad de mamíferos desde ardillas hasta antílopes, están ocupados por diversas aves no voladoras, algunas extinguidas por los cazadores maoríes, desde los moas gigantes hasta pájaros menores, como los kiwis. En Australia, sin embargo, encontró gran cantidad de mamíferos, aunque de índole diferente a los europeos, asiáticos y africanos. Casi todos eran marsupiales exclusivos de Australia, que dentro de sus ecosistemas desarrollan formas de vida equivalentes a las de conejos, lobos, puerco espines, monos, etc. En cada caso presentan aspectos superficiales similares a los de sus “equivalentes ecológicos” de otros continentes, pero los detalles estructurales de su anatomía indican similitudes más profundas entre sí y con los restos fósiles de especies que vivieron en esas tierras. Con estos datos y muchos otros, Charles Darwin pensó que si se tiene en cuenta la totalidad de los animales del mundo, cómo forman grupos, cómo se distribuyen geográficamente y cómo varían de un sitio a otro, es muy difícil concebirlos como especies fijas.

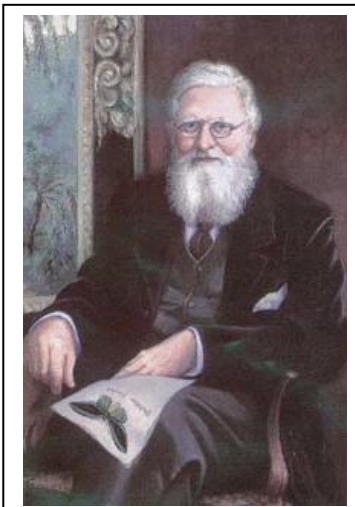
En su viaje, Darwin llevó el primer tomo del libro *Principles of Geology*, del geólogo Sir Charles Lyell (1797-1875), en el que se planteaba que la superficie terrestre cambia gradualmente debido a fuerzas que actúan largo tiempo, que los cambios ocurridos durante la historia de la Tierra son consecuencia de los mismos procesos físicos y geológicos (actualismo y uniformismo geológico, idea defendida antes, en 1788, por James Hutton). Las ideas de Charles Lyell tuvieron una gran influencia en el desarrollo del pensamiento de Charles Darwin, quien expresó: “*Pienso realmente que mis libros proceden a medias del cerebro de Lyell. Veo por sus ojos*”. En 1839, Charles Darwin leyó “*An Essay on the Principle of Population*”, libro sobre la población humana escrito en 1798 por el clérigo y economista inglés Thomas R. Malthus (1766-1834), quien afirmaba que había un límite para el crecimiento de la población humana, sobre el cual el hambre y las enfermedades mantenían un equilibrio, de modo que la sobrepoblación llevaría a una lucha por la existencia. Charles Darwin lo señaló como una de sus inspiraciones: “*me inspiró de pronto que se tendería a conservar las variaciones conservadoras, y a destruir las que no lo fuesen. De ello resultaría la formación de nuevas especies*”.

Para otros la doctrina malthusiana era una manera de mantener una especie apta sin cambios, pero Charles Darwin lo consideró al revés: si hay variación entre los individuos de una especie, ¿no habría algunos con más probabilidades de sobrevivir? En estas circunstancias, podía explicar la diversidad de los pinzones y tortugas de las Galápagos. El archipiélago es de origen volcánico y surgió desde el fondo marino hace pocos millones de años, por lo tanto estas especies debieron llegar desde otros parajes. Sin embargo, no existen fuera de estas islas. Si cada invasor inicial fue una pequeña población en promedio algo diferente de sus compañeros en el continente y se encontró con nuevos ambientes no ocupados en las diferentes islas, se entiende que en su aislamiento las diferentes sucesiones de tortugas y pinzones, al multiplicarse, intensificarían sus diferencias, originando rasgos propios, característicos y adaptativos para diferentes formas de vida a través de un proceso que Charles Darwin denominó *Selección Natural*.

La selección natural de Darwin surgió a partir de varias observaciones e inferencias: Observación 1. Las especies tienen gran potencial reproductivo, dato que él había observado y recordó al leer la obra de Malthus. Existe sobreproducción de crías o semillas superior a la que pueden sostener los limitados recursos ambientales. Observación 2. Las poblaciones tienden a conservar sus proporciones, suelen ser estables. Observación 3. Los recursos alimentarios tienen límites y se mantienen casi siempre bastante regulares. A partir de estas tres observaciones, Charles Darwin infirió que en un ambiente con recursos alimentarios estables y con proliferación excesiva de los individuos, estos se enfrentarán entre sí por sobrevivir ("*lucha por la existencia*"). Observación 4. No hay dos individuos idénticos, la variabilidad es universal. Darwin observó que las especies contienen mucha variabilidad hereditaria. Consideró que las poblaciones están formadas por individuos diferentes entre sí, incluso entre los hijos de una misma pareja, debido a la variabilidad genética estimulada por la meiosis y la fecundación que ocurren en la reproducción sexual. Observación 5. Gran parte de la variación se hereda, tiene base genética. La segunda inferencia de Darwin es que en un mundo de poblaciones estables, en el que los individuos luchan por sobrevivir, sólo tienen posibilidad de hacerlo los que tienen mejores características, que sus crías probablemente heredarán.

Esta desigual proporción de supervivencia es la *selección natural*, que Charles Darwin y simultáneamente Alfred Russell Wallace (1823-1913), postularon como el factor principal del cambio evolutivo. Darwin argumentó que las distintas variantes difieren en su capacidad para hacer frente a la "*lucha por la existencia*".

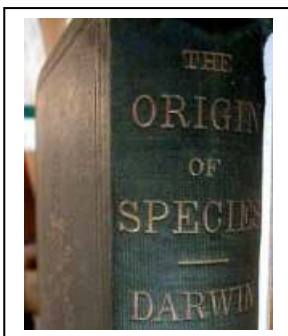
Las variantes más eficaces para encontrar alimento y pareja, escapar de los depredadores, etc., tendrían mayor probabilidad de dejar descendientes y como los hijos se parecen a sus padres los caracteres responsables de la ventaja aumentan de frecuencia en la siguiente generación. Las variantes genéticas mejor adaptadas a un determinado ambiente prosperan y logran producir descendientes con sus mismas características adaptativas. La contribución revolucionaria de Charles Darwin a la Biología fue su énfasis en la variabilidad poblacional de los organismos vivos: la variación entre individuos no es imperfección, como se aceptaba desde tiempos de Aristóteles, sino la materia prima sobre la que actúa la selección para originar formas mejor adaptadas. Charles Darwin infirió que si el proceso de selección natural se cumple con intensidad suficiente y durante tiempo, acarrea cambios perceptibles en una población y culmina en la aparición de una nueva especie.



Alfred Russel Wallace

En 1842 Darwin escribió un ensayo con sus ideas, que amplió en 1844, pero no los publicó. Darwin los había comentado con el botánico Joseph Dalton Hooker (1817-1911) y con el geólogo Charles Lyell (1797-1875), cuando recibió una carta de Alfred Russell Wallace (1823-1913) desde el archipiélago malayo, en la que resumía una teoría similar a la que él estaba elaborando y pensaba publicar. Charles Darwin escribió a Charles Lyell: *“Jamás he visto una coincidencia más asombrosa. Toda mi originalidad, sea cual fuere, quedará hecha añicos...”*.

Por mediación de Charles Lyell y Joseph Hooker, que conocían los borradores de Darwin, los trabajos de Darwin y de Wallace fueron presentados conjuntamente en la Sociedad Linneana de Londres en 1858.



Un año después Charles Darwin publicó *“El Origen de las Especies”*, que convenció a los científicos de la realidad de la evolución, pero no todos aceptaron el mecanismo de la selección natural, que presentaba lagunas porque se desconocían los mecanismos hereditarios y el origen de la variabilidad. Los estudios de Gregor Mendel (1822-1884) los aclararon en 1865, pero pasaron largo tiempo inadvertidos.

El botánico holandés Hugo De Vries (1848-1935), uno de los tres redescubridores de la obra mendeliana, publicó en 1901 y 1903 dos volúmenes de su libro “*Die Mutationstheorie*” (“La Teoría de la Mutación”), en el que introdujo el término “mutación” en genética y planteó que las nuevas especies surgen repentinamente en una sola generación mediante grandes saltos discontinuos, cambios bruscos que transforman a una especie en otra, hipótesis conocida como *mutacionismo*.

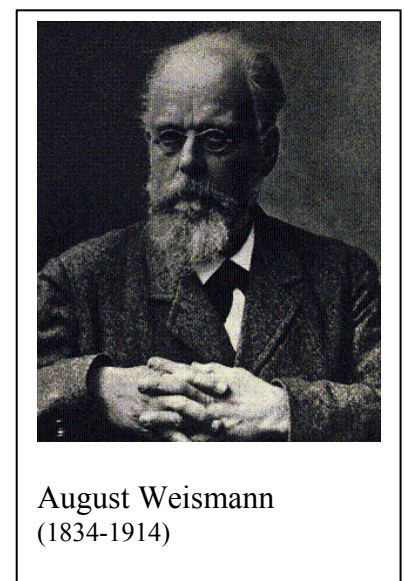
A partir de la publicación de la obra de De Vries se formaron varios grupos en disputa, entre ellos los mutacionistas, seguidores de De Vries; los darvinistas y los lamarquistas. Más tarde se comprobó que la mayoría de las supuestas “mutaciones” estudiadas por De Vries eran en realidad el resultado de recombinaciones genéticas o del emparejamiento de cromosomas anormales (lo que en sentido amplio es también una mutación), y que las nuevas formas producidas en ningún caso podrían considerarse verdaderas especies.



Hugo De Vries (1848-1935)

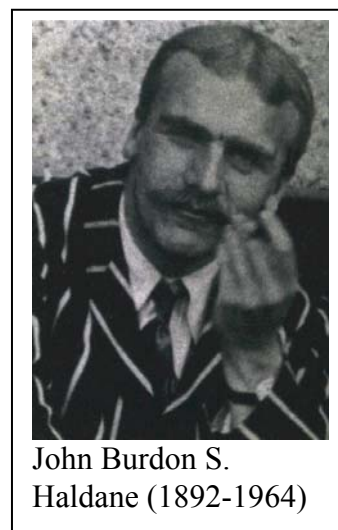
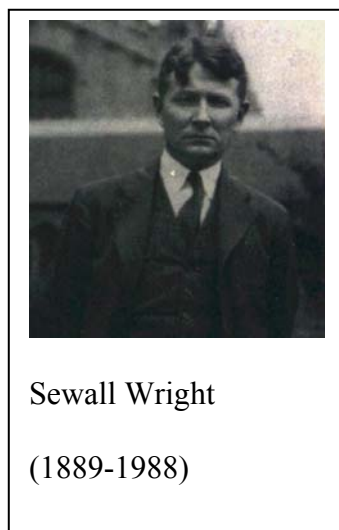
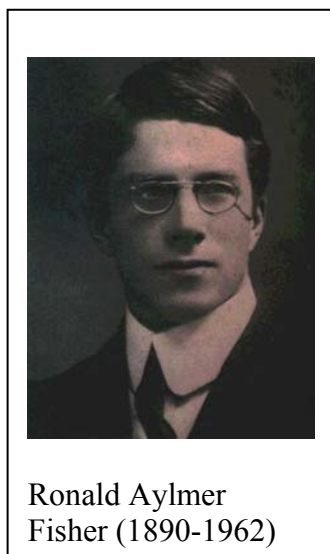
Darwin conocía la gran reserva de variación hereditaria, pero no el origen de la variación ni la naturaleza de la herencia. Especuló sobre el efecto del ambiente en las estructuras y la variabilidad, aceptó el uso y desuso de los órganos y la herencia de caracteres adquiridos, adoptando la pangénesis (cada órgano desprende partículas que llegan hasta las células sexuales), hipótesis de Aristóteles, como herramienta que le permitiría explicar la evolución a través de herencia de los caracteres adquiridos.

En 1883, el embriólogo alemán August Weismann (1834-1914) publicó su ensayo “*Über die Vererbung*” (“Sobre la herencia”), en el que negó categóricamente el supuesto efecto del uso y la falta de uso de los órganos, y cualquier tipo de herencia de caracteres adquiridos. Surgió así el movimiento llamado “*neodarwinismo*”, que en palabras de Weismann, “*darwinismo sin la herencia de caracteres adquiridos*”. Weismann formuló la *teoría de la continuidad del germinoplasma*, según la cual las influencias ambientales afectan solo al somatoplasma, que desaparece con el individuo y no se heredan.



August Weismann  
(1834-1914)

Darwin enfatizaba la evolución gradual y continua que transforma la variación dentro de las poblaciones y entre las poblaciones; otros científicos, como Thomas Henry Huxley (1825-1895) e, inicialmente Francis Galton (1822-1911), creían que la evolución procedía en forma rápida, por lo que la selección usaba primariamente variación discontinua. El antagonismo se acentuó hasta convertirse en un conflicto entre mendelianos, que apoyaban la evolución discontinua, y biometristas, que estudiaban la variación en los caracteres cuantitativamente y creían en la evolución gradual. Los primeros estaban liderados por William Bateson (1861-1926), Thomas Hunt Morgan (1866-1945) y Hugo de Vries (1848-1935). Los principales biometristas fueron Karl Pearson (1857-1936) y Walter F. R. Weldon (1860-1906). El conflicto entre darvinistas y primeros mendelianos se resolvió con la *genética poblacional*. La debilidad del darwinismo, por su desconocimiento de los mecanismos hereditarios, desapareció cuando se aplicaron los principios mendelianos a las poblaciones naturales. Entre 1918 y 1932, Ronald Aylmer Fisher (1890-1962), Sewall Wright (1889-1988) y John Burdon S. Haldane (1892-1964) produjeron la síntesis del darwinismo, mendelismo y biometría. Ronald Fisher demostró en 1918 que la variación cuantitativa es una consecuencia de la herencia mendeliana. El desarrollo de modelos matemáticos de la selección natural despejó las dudas en cuanto a si la selección podía o no producir cambios importantes incluso cuando sus coeficientes eran débiles: La selección volvió a adquirir un papel preponderante como agente evolutivo.



El auge de la genética de poblaciones y su integración con la ecología, taxonomía, paleontología, biogeografía, zoología y botánica, produjeron entre 1937 y 1950 el desarrollo de la versión madura de la teoría evolutiva, conocida como *síntesis moderna* o *teoría sintética de la evolución* (sintetismo). En ella se produjo la mayor integración de disciplinas, nunca antes alcanzada, de una teoría evolutiva.



La teoría sintética surgió a partir de los estudios de Gregor Mendel y Thomas H. Morgan. Fue elaborada por el genetista Theodosius Dobzhansky (1900-1975) en su obra *“Genetics and the Origin of Species”* (“Genética y el origen de las especies”, 1937), completada posteriormente con trabajos, por ejemplo por Ernst Mayr (1904- ), quien en 1942 publicó su libro *“Systematics and the Origin of Species”*, en zoología, y por George Gaylord Simpson (1902-1984), autor de *“Tempo and Mode in Evolution”* (1944) en paleontología.



Theodosius  
Dobzhansky  
(1900-1975)



Ernst Mayr (1904- )



George G. Simpson  
(1902-1984)

La teoría sintética de la evolución se basa en tres principios fundamentales:

1. La evolución ocurre a nivel de poblaciones, quienes evolucionan son las poblaciones, no los individuos aislados, como proponían el lamarquismo o el mutacionismo.
2. En las poblaciones naturales existen múltiples alelos naturales de un mismo gen, por lo tanto hay una gran abundancia de genotipos diferentes, obtenidos al azar mediante mutaciones y recombinaciones genéticas.
3. La evolución se produce mediante la selección natural, que tiende a eliminar combinaciones genéticas con un menor grado de adaptación a las condiciones ambientales y por otras causas, como el flujo génico, el aislamiento y la deriva génica.

Desde alrededor de 1970 el sinteticismo se ha enriquecido con nuevos aportes: la evolución por duplicación génica, el redescubrimiento de la selección sexual, las teorías jerarquizadas de niveles de selección, la sociobiología, las restricciones al proceso evolutivo (estructurales e históricas del desarrollo, genéticas y fisiológicas).



Destacan la hipótesis del “*equilibrio puntuado*” o “*equilibrio intermitente*” de los paleontólogos Stephen Jay Gould y Niles Eldredge, según la cual los grupos de organismos surgen en rápidos saltos evolutivos, seguidos por largo tiempo de estabilidad, de manera que la evolución sería un proceso discontinuo, la idea de la evolución celular mediante *endosimbiosis*, desarrollada especialmente por Lynn Margulis, y el *neutralismo o teoría neutralista* de la evolución molecular de Motoo Kimura, según la cual muchos caracteres son neutros en relación con la capacidad de supervivencia en un ambiente dado, fijados al azar.

### **BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Wendt (1958; 1968) Rostand (1966); Templado (1974); Montalenti (1976); Rothhammer (1981); Harris (1985); Sarukhán (1988); Radl. (1988; 1988a); Miller y Van Loon (1995); Young (1998); Ruse (2001)

### **SITIOS DE INTERNET**

<http://www.xtec.es/~lvallmaj/palau/darwin2.htm>

[http://www.iespana.es/natureduca/bio\\_teorias\\_evol.htm](http://www.iespana.es/natureduca/bio_teorias_evol.htm)

<http://www.Geocities.com/heartland/3479/Darwin.html>

<http://spruce.evansville.edu/~a122/darwin.html>

<http://www.lector.net/lectornet.htm?http://www.lector.net/vernov98/darwin.htm&1>

<http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/7800/es-darwin.html>

<http://www.monografias.com/trabajos5/darwin/darwin.shtml>

**ACTIVIDADES**

2.1. Relaciona al científico señalado en la columna A con su correspondiente aporte indicado en la columna B. Para ello coloca en la línea de puntos de la columna B el número correspondiente al científico indicado en la columna A.

A: Científicos	B: Aportes a la teoría evolutiva
1. Charles Darwin	Uso y desuso de los órganos: .....
2. August Weismann	Endosimbiosis en serie: .....
3. Stephen Jay Gould	Sinteticismo: .....
4. Jean Lamarck	Selección natural: .....
5. Hugo de Vries	Herencia de caracteres adquiridos: .....
6. Charles Lyell	Mutacionismo: .....
7. Motoo Kimura	Equilibrio puntuado: .....
8. Lynn Margulis	Genética poblacional: .....
9. Ronald Fisher	Neodarvinismo: .....
10. Theodosius Dobzhansky	Actualismo: .....
	Uniformismo geológico: .....
	Neutralismo: .....

2.2. Completa las siguientes frases:

La primera explicación científica completa acerca de la evolución biológica fue propuesta por

\_\_\_\_\_

Charles Darwin elaboró su teoría evolutiva a partir de observaciones que realizó en

\_\_\_\_\_

Las ideas evolucionistas de Charles Darwin fueron influidas por las lecturas de textos escritos por el geólogo británico \_\_\_\_\_ y el economista y clérigo

\_\_\_\_\_

La fuente inicial de los cambios evolutivos son las modificaciones genéticas denominadas

\_\_\_\_\_

Descartó la herencia de los caracteres adquiridos: \_\_\_\_\_

2.3. Haz una línea de tiempo en una tira de papel cartulina dividida en partes que representan los años en forma proporcional y la que se señale la aparición de las principales teorías sobre la evolución biológica a lo largo de la historia y sus autores.

2.4. A continuación entregamos una “sopa de letras”. En ella podrás encontrar los nombres de 17 científicos (primer nombre y apellido seguidos) importantes en relación con la teoría de la evolución biológica. Se pueden ubicar en posición horizontal, vertical o diagonal, y en cada uno de estos casos pueden estar escritas en forma normal o invertida. Ubica el máximo posible de ellos (ojalá todos!) marcándolos con un lápiz. Al finalizar el trabajo anota los nombres encontrados y a continuación de cada uno resume su importancia para la teoría de la evolución.

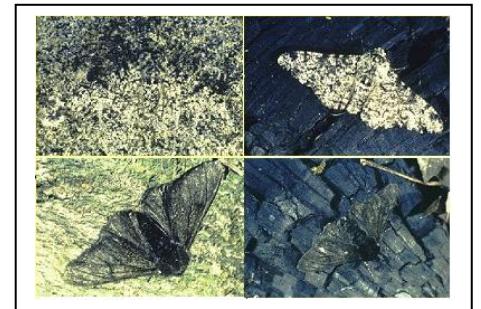


2.5. August Weismann cortó durante 22 generaciones las colas de ratones al nacer, pero siguieron naciendo con cola tan larga como la de sus antepasados. Por ello se opuso al lamarquismo. Algunos seguidores de Lamarck adujeron que el corte de la cola no contradice la herencia de caracteres adquiridos porque se trata de una mutilación, una intervención artificial. Sin embargo, las conclusiones de Weismann son válidas porque a pesar de ello los resultados obtenidos contradicen uno de los fundamentos del lamarquismo. Piénsalo y explícalo.

2.6. Tras la revolución industrial, en Inglaterra diversas especies de lepidópteros (polillas y mariposas) comenzaron a presentar coloración oscura. Los troncos de los árboles, sobre los que se posaban, se cubrieron con una capa de hollín. El profesor J. W. Henslop Harrison decidió estudiar el fenómeno y mezcló el alimento que suministro a las orugas de varias especies de mariposas con pequeñas cantidades de metales pesados, especialmente plomo y manganeso.

Al observar el nacimiento de mariposas con alas negras que daban origen a descendencia con el mismo carácter, Henslop Harrison anunció haber demostrado que los agentes metálicos habían producidos cambios permanentes en el material genético de las mariposas. a) ¿Qué opinas del anuncio de Henslop Harrison?. b) Si decidieras repetir sus experimentos, ¿qué precauciones tomarías?. c) ¿En que hipótesis estaba basada la interpretación dada por Henslop Harrison a los resultados de sus experimentos?.

2.7. Años después, B. Kettlewell, estudió el mismo problema y realizó nuevos experimentos. Kettlewell capturó, soltó y recapturó ejemplares claros (*typical*) y oscuros (*carbonaria*) en áreas contaminadas y no contaminadas con hollín, obteniendo los siguientes resultados (publicados en las revistas *Heredity* 9:323-342,1955 y *Heredity* 10:287-301):



	FORMA	LIBERADAS	RECAPTURADAS
Rubery	<i>carbonaria</i>	447	123
	<i>typical</i>	137	18
Deanend Woods	<i>carbonaria</i>	406	19
	<i>typical</i>	393	54

- Calcula porcentajes de recaptura de mariposas en ambas zonas y de ambos tipos.
- ¿Qué hipótesis evolutiva concuerda con los datos obtenidos?
- ¿Cuál de las zonas indicadas crees que estaba contaminada y cual no?. Explica.

2.8. Aplicando las bases del método científico, plantea como hipótesis la idea de “herencia de los caracteres adquiridos” y determina cómo someterla a una prueba científica que demuestre si es o no es válida.

2.9. Explica cómo contribuyeron a la convicción en el hecho de la evolución biológica y en la formulación de la hipótesis de la selección natural por parte de Charles Darwin: a) el uniformismo y actualismo de Charles Lyell, b) las ideas del economista Thomas Robert Malthus, c) los fósiles sudamericanos, d) las tortugas gigantes y pinzones de Islas Galápagos.

2.10. ¿En qué se asemejan y en que se diferencian los actuales conceptos sobre la evolución biológica respecto a los que tenía Charles Darwin?. ¿Cuáles son los elementos básicos de la teoría de la evolución mediante selección natural tal como se concibe en la actualidad?

2.11. Hay quienes han negado la selección natural afirmando que en un terremoto, un incendio forestal o una inundación, tienen por igual a misma probabilidad de morir todos los individuos, independientemente de sus genes. ¿Qué puedes contestar a esta afirmación?.

2.12. La familia de los canguros (Macropódidos) incluye actualmente especies pequeñas con aspecto de ratones (“canguros ratas”), otras de mediano tamaño (“walabíes”) y los canguros gigantes, como el canguro gris o el rojo, bien adaptados al salto y caracterizados por su fuerte y larga cola, enormes patas traseras y pequeñas patas delanteras. Explica cómo pudieron originarse las formas gigantes a partir de pequeños animales con aspecto de ratones, aplicando: a) las ideas de Jean Lamarck, b) las ideas de Charles Darwin, c) las ideas de Hugo de Vries y d) el sinteticismo actual.

2.13. ¿Cómo contribuyeron las ideas de Aristóteles, el catastrofismo de Cuvier, la clasificación jerarquizada de Linné y el uniformismo geológico de Lyell al desarrollo de la teoría de la evolución biológica?

2.14. ¿En que aspectos se asemejan y en qué aspectos se diferencian la selección natural y la selección artificial realizada por el ser humano?.

2.15. Un autor del siglo XIX se refirió al mecanismo evolutivo hablando de la “*ley del uso y desuso de los órganos*”. a) ¿Quién fue ese autor. b) ¿Qué afirmaba dicha ley?. c) ¿Qué dice la biología moderna al respecto?

2.16. En una región de Birmania, cuando las niñas cumplen 5 años se le colocan 5 anillos metálicos en su cuello. En años siguientes se agregan nuevos anillos y al llegar a la edad adulta estas mujeres tienen el cuello del doble de la longitud normal. a) ¿Qué predicciones hubiese hecho Jean Lamarck si hubiese conocido este hecho? b) ¿Qué debemos esperar que ocurra en la realidad?. Explica.

2.17. ¿Cómo explicó Charles Darwin la existencia de dimorfismo sexual extremo entre especies como los pavor reales y los ciervos?

2.18. El trabajo de Charles Darwin recibió una mucha mejor recepción que la de Jean Lamarck. a) ¿Qué características presentaban sus estudios y qué factores de la sociedad inglesa durante ese período contribuyeron a su éxito?. b) ¿Cuáles eran los puntos débiles de las teorías de Lamarck y de Darwin?

2.19. Si Darwin hubiese valorado el trabajo de Gregor Mendel publicado en 1872, ¿Cómo hubiese modificado la nueva edición de *El origen de las Especies* de 1872?

2.20. Charles Darwin se interesó por criar palomas, se inscribió en asociaciones de criadores de animales y escribió numerosas cartas a cultivadores de plantas y criadores de animales. ¿Cuál sería la razón de este interés?.

2.21. Charles Darwin insistió en que la expresión “*lucha por la existencia*” debía entenderse en un sentido amplio y metafórico. ¿Por qué Darwin debió hacer esta aclaración y a qué se refería con dicha expresión?.

2.22. Muchos organismos alojan parásitos sobre o dentro de su cuerpo y son invadidos por microorganismos dañinos. Cuando un nuevo parásito o microorganismo comienza a invadir a una nueva especie los resultados son a menudo letales, pero con el tiempo se hacen menos peligrosos y finalmente rara vez causan la muerte. ¿Cómo podría explicar Darwin estas observaciones?.

2.23. Se mantiene una colonia bacteriana en un medio de cultivo saturado con cierto antibiótico. Tiempo después se comprueba que existen bacterias en el cultivo, y que éstas presentan resistencia al antibiótico. Resume cómo habrían explicado este fenómeno Jean Lamarck, Charles Darwin, August Weismann y George G. Simpson.

2.24. En 1784, 25 años antes de que naciera Charles Darwin, el filósofo G. Herder en su libro “*Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit*” protestó contra la “*deshonrosa atribución de origen*” refiriéndose a una idea común de la descendencia del ser humano a partir de los monos. En 1809, año en que nació Darwin, Jean Lamarck escribía en su libro “*Philosophie Zoologique*” sus ideas acerca de cómo un antiguo mono había dado origen a la rama evolutiva de los seres humanos. a) ¿Qué demuestran estos libros en relación con el desarrollo de las ideas evolucionistas? b) ¿Cómo se explica el sitio de Charles Darwin dentro del pensamiento evolutivo si 25 años antes de su nacimiento ya se discutía el origen del hombre?.

2.25. Los topos, mamíferos insectívoros europeos; los topos dorados africanos, pertenecientes a una familia diferente de los anteriores y los topos marsupiales australianos se asemejan en su forma corporal y por sus pequeños ojos, casi inútiles. En los tres casos se trata de mamíferos excavadores. a) ¿Cómo habrían explicado Jean Lamarck, Hugo de Vries y Charles Darwin la similitud de estos tres grupos y la común atrofia de sus ojos?. b) ¿Qué ventajas aporta el no tener ojos para un mamífero excavador?

2.26. Diseña un experimento y un conjunto de observaciones que permitan someter a prueba el mecanismo evolutivo propuesto por Lamarck.

2.27. Los mamíferos hembras, incluyendo al ser humano, nacen con sus células reproductivas formadas hasta el estado de espermatogonias, en cambio los machos producen y reabsorben sus gametos constantemente durante su vida adulta. Explique qué consecuencias tendría este hecho si la evolución fuera realmente lamarquiana.

## MÓDULO NÚMERO 3: MICROEVOLUCIÓN

**PALABRAS CLAVE:** Reservorio de genes, fondo genético común, equilibrio génico, población panmíctica, endogamia, exogamia, selección sexual, mutación, deleciones, duplicaciones, inversiones, translocaciones, inmigración, emigración, flujo génico, deriva génica, efecto fundador, cuello de botella, selección natural, eficacia biológica, melanismo industrial, polimorfismo, presión de mutación, presión selectiva, selección natural estabilizadora o normalizante, selección estabilizadora, selección direccional o centrifuga, selección disruptiva o desorganizadora, impulso meiótico.

### LECTURA

La moderna teoría evolutiva (sintetismo) considera que la evolución comienza con los cambios en la composición genética de las poblaciones. La genética de poblaciones surgió mediante la interacción de la genética formal con la ecología de poblaciones. Se preocupa de estudiar la estructura y causas de la transformación genética de las poblaciones, los cambios que experimentan las proporciones de los diversos genes en las poblaciones mendelianas. La genética de poblaciones trata de explicar, en términos cuantitativos y predictivos, el mecanismo de la evolución biológica y los procesos adaptativos relacionados con la misma. Con pocas excepciones, los fenómenos evolutivos son de naturaleza genética y poblacional.

La base de la genética de poblaciones es el principio del *equilibrio genético*, formulado en 1908 por Godfrey H. Hardy y por Wilhelm Weinberg, según el cual la herencia en sí misma no produce cambios evolutivos en las poblaciones, sino que estos derivan de determinadas condiciones que modifican el equilibrio entre los alelos. Una población mendeliana está compuesta por individuos de reproducción sexuada, entre los cuales hay transmisión mendeliana de genes.

Las poblaciones mendelianas son grupos reproductivos cerrados que presentan un *reservorio de genes* (“poza génica”, “acervo génico” o “*fondo genético común*”). En todas las especies existe un alto grado de variabilidad genética, reordenada en cada generación mediante la reproducción sexual. Cuando se forman los gametos, los cromosomas heredados se recombinan entre sí, de modo que cada gameto lleva una combinación única de copias de genes recibidos desde el padre y la madre de la persona en cuyo organismo se forman los gametos. La variación de los gametos, y de los individuos que ellos forman, resulta virtualmente infinita. Sin embargo, la persistente reorganización de los genes no cambia por sí sola su frecuencia.



El principio de Hardy-Weinberg describe el *equilibrio genético* en una población mendeliana mediante una ecuación algebraica que determina la frecuencia de los genotipos individuales en función de la frecuencia de los alelos. Si dos alelos de un gen se representan por A y a, hay tres genotipos posibles: AA, Aa y aa. Si las frecuencias de los dos alelos son p y q respectivamente, la frecuencia de equilibrio de los tres genotipos está dada por:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

La frecuencia de AA es  $p^2$ , la de Aa es  $2pq$  y la de aa es  $q^2$

Por ejemplo, en la especie humana los grupos sanguíneos M, N, y MN dependen de los genes alelos M y N. Si las frecuencias de los alelos M y N son 0,461 y 0,539, las de los correspondientes grupos sanguíneos son MM  $0,461^2 = 0,213$ ; MN  $2 \times (0,461 \times 0,539) = 0,497$  y NN  $0,539^2 = 0,290$ .

Las frecuencias de los genotipos se calculan de la misma manera para cantidades superiores de alelos. Si hay tres alelos con frecuencias x, y z, las frecuencias de los seis genotipos correspondientes se obtienen mediante la fórmula  $(x + y + z)^2$ .

El principio de equilibrio genético de Hardy-Weinberg implica que las frecuencias génicas tienden a permanecer constantes de generación en generación, pero en su enunciado hay un requisito importante: "*bajo ciertas condiciones*".

Las condiciones para que se cumpla el equilibrio entre los genes alelos en la población mendeliana son las siguientes:

1. Los cruzamientos deben efectuarse al azar (*población panmíctica*).
2. Los genes deben ser estables, no debe haber mutación (o, si hay mutaciones, éstas deben estar equilibradas en ambos sentidos).
3. La población debe ser cerrada, sin emigraciones ni inmigraciones.

4. La población debe ser lo *suficientemente grande* (en lo posible infinita) para que no la afecten los cambios al azar en las frecuencias de genes.
5. Debe haber *igual probabilidad de transmisión* de los distintos genes, por lo tanto no debe haber diferencias en la viabilidad ni en la capacidad reproductiva de los individuos con diferente genotipo.
6. Los genes deben transmitirse en forma sencilla, sin fenómenos como penetrancia incompleta o herencia poligénica.
7. Debe existir una *meiosis normal*.

La ausencia de cualquiera de estas condiciones provocaría algún cambio en la frecuencia de los genes. Sin embargo, el estudio de las poblaciones biológicas demuestra que no se cumplen en la naturaleza, el cambio en la frecuencia de los genes impulsa la evolución biológica, y las excepciones en el cumplimiento del equilibrio génico de Hardy-Weinberg son los factores que producen la evolución.

### **Apareamiento no aleatorio**

Para que las frecuencias de los genes alelos se mantengan en equilibrio, los apareamientos no deben ser selectivos, deben producirse al azar; esto es, la probabilidad de un tipo específico de apareamiento debe ser la misma que el producto de la frecuencia de los genotipos de ambos individuos apareados. Por ejemplo, la probabilidad de que una hembra AA se cruce con un macho aa debe ser  $p^2$  (la frecuencia de AA) multiplicado por  $q^2$  (la frecuencia de aa).

El apareamiento aleatorio es un supuesto razonable del equilibrio genético, porque los individuos no escogen su pareja en consideración a su genotipo. Sin embargo, el apareamiento generalmente no es aleatorio (es selectivo), porque existen características genéticas que influyen en la selección de pareja. Los seres humanos, por ejemplo, escogen pareja de acuerdo con preferencias de apariencia, personalidad y gustos, caracteres que tienen alguna base genética. La forma más extrema de apareamiento selectivo es la *autofecundación*, común en muchos vegetales y menos frecuente entre animales.

Otras formas de apareamiento selectivo son la endogamia (cruzarse con individuos similares, por lo tanto genéticamente parecidos) y la exogamia (cruzarse con individuos distintos, por lo tanto genéticamente diferentes). La *endogamia* se produce cuando hay reproducción selectiva entre organismos muy relacionados, por ejemplo entre parientes próximos. Tiende a mantener características deseables, por ejemplo facilita la recolección mecánica en el maíz de altura uniforme, la extracción más económica en semillas de linaza con alto contenido en aceite, o la producción de leche de las vacas Jersey que tiene un alto contenido en crema. Sin embargo, si existen genes recesivos desfavorables la endogamia puede tener consecuencias negativas, como causar una reducción de la fertilidad, disminución a la resistencia a las enfermedades o manifestarse enfermedades hereditarias recesivas graves. La *exogamia* tiende a introducir fenotipos nuevos debido al aumento del número de genes alelos dominantes en modalidades de herencia multifactorial y porque entrega nuevas oportunidades para la interacción génica. La exogamia produce híbridos con características mejoradas (heterosis o vigor híbrido), por ejemplo la introducción de resistencia a las enfermedades de las ovejas silvestres a las líneas domésticas.

La *selección sexual* fue descubierta y analizada por Charles Darwin, actualmente se considera como una modalidad de selección natural. Actúa ya sea a través de la competencia directa por el apareamiento entre los miembros de un sexo (*selección intrasexual*), usualmente competencia entre los machos cuyo aumento en fortaleza les permite el éxito; ya sea por la selección que realizan sobre ellos los individuos del otro sexo (*selección intersexual*), frecuentemente las hembras manifiestan preferencia por machos que presentan determinadas características; ya sea por una combinación de ambos tipos. Los organismos más eficaces para asegurarse su pareja consiguen con ello una mayor adecuación. La selección sexual produce la aparición de fenotipos exagerados en los individuos del sexo sobre el que se realiza, por ejemplo las grandes cornamentas de los ciervos o la vistosa cola del pavo real. Aunque el principio del equilibrio no se aplica en forma estricta a los genes que afectan la selección de pareja, conociéndose la magnitud de las preferencias es posible determinar las frecuencias de los genotipos, modificando la ley de la manera apropiada.

## **Mutación**

Una mutación es un cambio en el material hereditario que se traduce en una modificación fenotípica, real o potencialmente (hay mutaciones recesivas). Pueden considerarse en general como fallas en la replicación del material genético. La mutación es la materia prima de la evolución, porque sobre ella actúa la selección natural.

Las mutaciones espontáneas se deben a alteraciones de la duplicación del ADN y otras irregularidades del metabolismo nuclear celular. Las mutaciones modifican las frecuencias genéticas en poblaciones mendelianas.

Las tasas de mutación son muy bajas. El gen A puede convertirse por mutación en su alelo a en una tasa de 1 por 100.000, típica de muchos genes, como el que causa un tumor retiniano. En cada generación, una cienmilésima de los alelos A se convierten en alelos a por mutación. Si, en un momento dado, la frecuencia del alelo A es 0,10, en la generación siguiente se habrá reducido a 0,0999999, cambio pequeñísimo. En la generación siguiente la frecuencia del alelo se reducirá otra vez en una cienmilésima, y así sucesivamente. La fracción del alelo que cambia es la misma; pero como su frecuencia es cada vez menor, el efecto de la mutación se reduce progresivamente. Se requieren 10.000 generaciones para que la frecuencia del alelo A se reduzca de 0,10 a 0,09. Además, el alelo a también puede mutar a A. Por lo tanto, la frecuencia de los alelos cambiará lentamente debido a que la fracción del alelo A que cambia al alelo a se compensa parcialmente por la fracción del alelo a que cambia a A (*mutación inversa o retromutación*).

Los cambios en las frecuencias génicas causados por mutación son lentísimos, debido a que la tasa de mutación es muy reducida y a que unas mutaciones se compensan con otras, pero combinada con la selección, la mutación es una fuerte modificadora poderosa, es la más importante fuente de variación sobre la que puede actuar la selección natural. A pesar de que la mayoría de las mutaciones nuevas carecen de valor adaptativo, en organismos que se han estudiado genéticamente con detenimiento se ha descubierto una pequeña proporción de mutaciones que tienen un valor adaptativo real o potencial. De acuerdo con ello, las mutaciones pueden tener un efecto favorable, desfavorable o neutro desde el punto de vista evolutivo. Sin embargo, el efecto positivo, neutro o negativo de una misma mutación depende a menudo de la interacción con factores ambientales. La evidencia experimental de hibridación en distintas poblaciones naturales permite concluir que la mayoría de las mutaciones que han influido en la evolución, individualmente producen efectos fenotípicos poco pronunciados.

En sentido amplio, las mutaciones incluyen también a los grandes cambios cromosómicos. De las clases principales de cambios drásticos de la estructura de los cromosomas, las *delecciones* son poco importantes relativamente en la evolución por sus efectos perjudiciales. Las *duplicaciones* de un segmento cromosómico pueden provocar una diferenciación acentuada y ayudar a conservar nuevas mutaciones.

Cuando se presentan en estado heterocigótico, las *inversiones* y las *translocaciones* pueden acentuar el ligamento genético y mantener agrupadas ciertas combinaciones génicas favorables. La importancia de este ligamento se debe al número elevado de genes que participan en los mecanismos adaptativos en plantas y animales.

Cálculos basados en tasas conocidas de mutación, tamaños de poblaciones y duración de la vida evolutiva de razas y especies en número de generaciones, muestran que las mutaciones pueden proporcionar una variabilidad suficiente para reabastecer la reserva genética a medida que ésta se agota por selección, aun cuando sólo una pequeña fracción de mutaciones potencialmente útiles se asimile a combinaciones génicas adaptativas. La adaptación de los organismos superiores se basa en combinaciones de genes complejas y muy organizadas, por ello la recombinación es un paso intermedio necesario entre las mutaciones y la selección.

### **Migración y flujo génico**

También modifican la frecuencia de los genes la *inmigración* de organismos hacia una población en la cual la frecuencia de genes es diferente, o la *emigración* selectiva de individuos que llevan un determinado genotipo. La llegada o salida de individuos con su carga genética altera así el equilibrio genético poblacional. Los animales se desplazan desde una localidad a otra, el polen y las semillas de las plantas son transportados por el viento y los animales. La migración, en sentido genético, implica que los organismos o sus unidades reproductoras que van desde un lugar a otro se entrecruzan con los de la población a la que llegan. En este sentido, la migración se llama *flujo génico*.

El flujo genético no modifica por sí mismo las frecuencias génicas de la especie como una totalidad, pero cambia las frecuencias génicas en una localidad dada, cuando las frecuencias génicas de emigrantes y residentes son distintas. Como consecuencia de la migración, las frecuencias alélicas en la población residente cambian gradualmente hacia las frecuencias de los inmigrantes. Cuanto mayor sea la diferencia en frecuencias alélicas entre individuos residentes y inmigrantes, y cuanto mayor sea el número de inmigrantes, mayor será el efecto de la migración en el cambio del fondo genético común de la población residente.

Supongamos que el 20% de los individuos reproductores en una población son inmigrantes y que la frecuencia del alelo A es 0,10 en la población residente, y 0,90 entre los inmigrantes.

La frecuencia del alelo A aumentará en la generación siguiente, y si la inmigración persiste, la frecuencia de A seguirá aumentando hasta convertirse en 0,90, la frecuencia que tiene entre los inmigrantes.

Cuando existe aislamiento entre poblaciones vecinas de una misma especie se produce la detención del flujo genético entre ellas y éstas, gradualmente, pueden diferenciarse entre sí al acumular mutaciones distintas o seleccionadas de diferente manera.

### **Tamaño de la población y deriva génica**

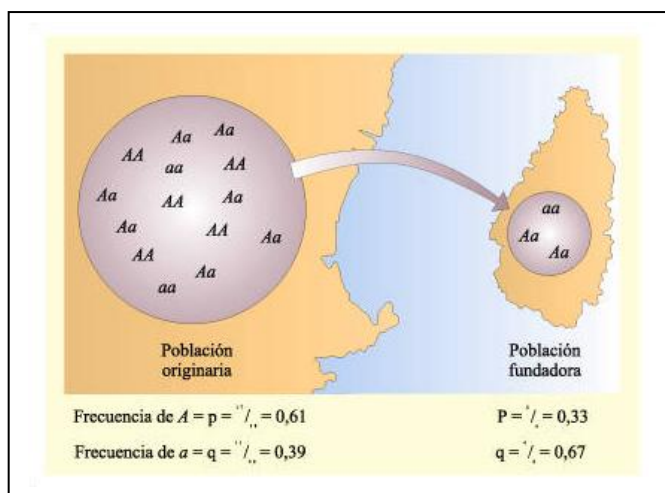
Cuando se lanza una moneda al aire dos veces no es sorprendente si se obtienen dos caras o dos sellos, aún cuando ello representa el cien por cien de los casos. Pero sería sorprendente si se obtuvieran 200 caras en 200 tiradas, que también es el 100 % de los casos. Se espera que la proporción de caras obtenidas en una serie de tiradas se aproxime a 0,5 si el número de tiradas es alto. Del mismo modo, las frecuencias génicas pueden cambiar por razones puramente aleatorias, lo que se llama *deriva génica*, debido a que cualquier población consta de un número finito de individuos. Cuanto mayor sea el número de individuos, menor será el efecto de la deriva génica, y menor será la diferencia entre las frecuencias de una generación y otra.

Más importante que el número real de individuos en la población, es su tamaño eficaz. El tamaño eficaz de una población corresponde al número de individuos que dejan descendencia, que casi siempre es mucho menor que el total de individuos. Sólo los individuos reproductores transmiten sus genes a la generación siguiente. Si son pocos, las consecuencias de la *deriva génica* pueden ser grandes, cualquiera sea el número de individuos que no dejan descendencia. En una población pequeña, la ausencia de reproducción de uno o varios de los pocos miembros que contribuyen al fondo genético común puede conducir a la pérdida total de ciertos alelos. Supongamos que en una población de diez ratones que habita una isla pequeña, solo dos ejemplares presentan un gen dominante para cola larga. Si uno de ellos muere antes de reproducirse, la frecuencia del gen dominante que lleva disminuirá drásticamente en la población, lo que puede ocasionar el afianzamiento de la cola corta, característica que quizás difícilmente se presentaría en poblaciones grandes.

Si no hubiera otros procesos de cambio evolutivo, las poblaciones llegarían a tener un solo alelo de cada gen, aunque tardarían muchísimas generaciones en llegar a ello. Tarde o temprano, uno u otro alelo sería eliminado por la deriva génica sin posibilidad de reaparecer.

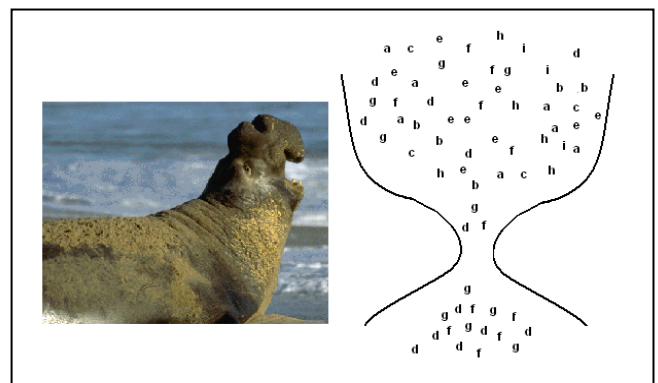
Debido a las mutaciones, los alelos desaparecidos de una población pueden reaparecer de nuevo, y gracias a la selección natural, la deriva génica no tiene consecuencias importantes en la evolución de las especies, excepto en las que constan de muy pocos individuos.

La *deriva génica* tiene consecuencias importantes si se forma una población a partir de muy pocos individuos, fenómeno llamado *efecto fundador*. Poblaciones de especies que viven en islas oceánicas, aunque ahora consten de muchos individuos, son descendientes de pocos colonizadores llegados por dispersión accidental, por ello las frecuencias de muchos genes son muy diferentes de las del fondo genético de la población original. La situación es similar en lagos, bosques y otros sistemas ecológicos aislados.



Si las condiciones ambientales son desfavorables, las poblaciones pueden reducir drásticamente su número, fenómeno denominado *cuello de botella*, lo que también puede producir variaciones fortuitas en las frecuencias alélicas por deriva génica. Cuando la población recobra su tamaño original, pueden haberse alterado considerablemente las frecuencias alélicas con efectos evolutivos duraderos.

Por ejemplo, las focas llamadas elefantes marinos (*Mirounga angustirostris*) fueron sometidas a una intensa cacería, que redujo su número a 20 ejemplares en 1890, reduciendo también su variabilidad genética. Hoy viven unos 30.000



Diferencias en la frecuencia de algunos genes humanos, como los de los grupos sanguíneos ABO, parecen ser al menos parcialmente resultado de cuellos de botella en poblaciones humanas primitivas.

### **Selección natural**

El factor más importante que cambia las proporciones genéticas de una población es la selección de los individuos que dejan la mayoría de la progenie, los que contribuyen con el mayor número de genes al fondo genético común. Se considera que orienta a la evolución en sentido adaptativo. Para que exista selección natural debe existir variabilidad genética: cuanto mayor es ésta, mayor es la oportunidad de mejorar la eficacia biológica.

Si algunos alelos aumentan el éxito reproductor del portador, su *eficacia biológica*, la frecuencia de estos alelos tenderá a aumentar. El conjunto de los genes que presenta un organismo (genotipo) es el resultado de la recombinación de genes durante la meiosis, la reunión al azar de los genes recombinados llevados por los gametos y las eventuales mutaciones producidas. Este *genotipo* está sujeto a la selección natural.

El concepto de selección natural tiene estructura de silogismo, con tres premisas de las que se sigue necesariamente una conclusión. Si un carácter es heredable (primera premisa), muestra variabilidad entre los individuos de una población (segunda premisa) y las distintas variantes difieren en su eficacia biológica, definida como número de descendientes capaces de producir en su vida (tercera premisa), habrá un efecto predecible: los individuos con la variante más eficaz dejarán mayor número de descendientes y su frecuencia aumentará en las siguientes generaciones. Los individuos exitosos son los más hábiles en la utilización de ciertos factores de su ambiente y producen un número mayor de crías. La selección natural es eficaz aún cuando no mueran los adultos y aunque las plántulas o crías muy jóvenes mueran al azar.

La acción de la selección natural bajo condiciones controladas se observa con facilidad en cultivos de bacterias sometidas a concentraciones progresivamente mayores de antibióticos. Las bacterias pueden llegar a ser resistentes a concentraciones elevadas de tales drogas por aparición y predominio de mutaciones recesivas resistentes.



Un ejemplo de cambios históricos documentados en poblaciones naturales mediante selección natural por respuesta a la alteración de factores ambientales, es el aumento de ejemplares negros (melánicos) en diversas especies de mariposas, asociado a la industrialización de ciertas áreas de Europa y Norteamérica (*melanismo industrial*).

El ejemplo mejor estudiado es el de las polillas inglesas *Biston betularia*. La forma típica del norte de Europa tiene coloración grisácea jaspeada sobre fondo claro que la oculta sobre los líquenes y cortezas del abedul. La contaminación en zonas industriales de Inglaterra por el humo de las fábricas produjo la muerte de los líquenes y el ennegrecimiento de las cortezas. Una forma negra, detectada por primera en Manchester en 1848, aumentó de frecuencia hasta alcanzar el 90% de la población en áreas contaminadas a mediados del siglo XX. Los estudios revelaron que las aves insectívoras capturan con mayor frecuencia a las polillas peor camufladas.

La tasa de recaptura de polillas marcadas era mayor para individuos melánicos en áreas contaminadas, mientras que en áreas no contaminadas ocurría al revés. Los cruces demostraron que el patrón de coloración es heredable.

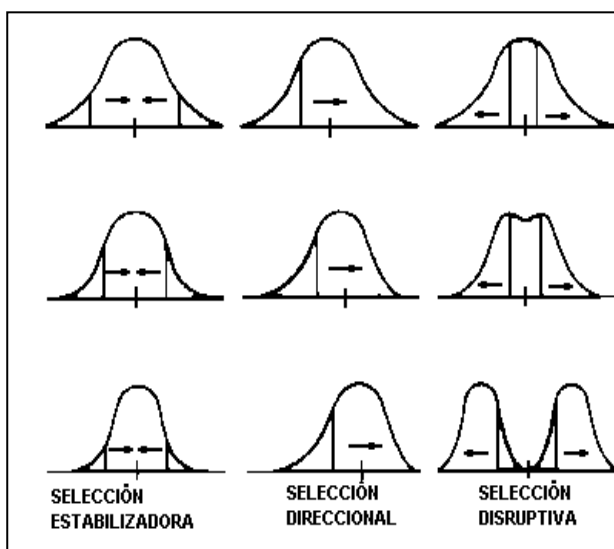
*Biston betularia* reúne las condiciones para que opere selección natural: variación heredable en coloración y diferencia en probabilidad de dejar descendencia. En áreas contaminadas las melánicas dejan más descendencia y su frecuencia aumenta por la selección natural. Tras el control del humo en zonas industriales, la proporción de la forma pálida se ha incrementado desde 1960.



La frecuencia de alelos perjudiciales tiende a disminuir por selección natural, con una velocidad que depende de la frecuencia alélica y de la recesividad o dominancia. Por ejemplo, los alelos recesivos deletéreos disminuyen rápidamente cuando sus frecuencias iniciales son elevadas, lentamente cuando sus frecuencias son bajas. Finalmente la selección natural puede eliminar al alelo perjudicial, y el mantenimiento del equilibrio depende de factores como la aparición de nuevas mutaciones, que permiten que en la población se mantengan genes deletéreos a pesar de que muchos de sus portadores sean eliminados por la selección.

La existencia de más de un fenotipo en la población (*polimorfismo*) puede mantenerse por selección natural si el heterocigoto tiene mayor eficacia biológica que cualquiera de los genotipos homocigotos, como en la anemia falciforme o cuando la frecuencia de un alelo afecta a su eficacia. La eficacia biológica de los diferentes alelos puede variar según el ambiente, como en *Biston betularia*. Cuando aparecen mutaciones en la población, lo hacen sin ninguna orientación concreta, generando nuevos caracteres que se desvían constantemente de la media, de modo que la curva se aplana y se ensancha. Este fenómeno se llama *presión de mutación* y su influencia consiste en ir disminuyendo la frecuencia relativa de los individuos más aptos. Estas desviaciones son controladas por la selección.

Los individuos que se apartan de la media son generalmente eliminados, y más cuanto mayor sea su desviación. La curva vuelve a estrecharse y a hacerse más alta. A esto se le llama *presión selectiva*. Si los fenotipos alejados de la normalidad son menos eficaces se produce *selección natural estabilizadora o normalizante*, que selecciona a la parte media de la curva de fenotipos y que opera cuando una población está expuesta a un ambiente fundamentalmente constante. La selección estabilizadora no produce evolución. Las *selección estabilizadora* tiende a mantener un nivel óptimo asegurando los logros conseguidos durante generaciones, eliminando los individuos divergentes y estableciendo un equilibrio entre mutación y selección. Si un fenotipo extremo posee valor adaptativo ocurre *selección direccional o centrífuga*, por cambio continuo de una población en una dirección. Si el ambiente se altera los organismos que se desvían de la media son favorecidos. La selección ejerce una presión direccional más o menos fuerte y desplaza la media hacia una mayor adaptación a las nuevas circunstancias, se eliminan alelos que habían sido útiles y se fijan otros más convenientes. El patrimonio genético cambia y se produce evolución.



Para que ocurra esta *selección natural direccional* deben producirse cambios ambientales. Si se favorecen simultáneamente dos fenotipos diferentes se produce una *selección disruptiva o desorganizadora*, resultante de la exposición de distintos sectores de una misma población a presiones selectivas divergentes. La selección disruptiva promueve el *polimorfismo equilibrado*. En el caracol *Cepaea nemoralis* existen poblaciones con individuos de distinto color (amarillo o marrón) y con distinto número de bandas, entre cero y cinco.

La selección natural ocurre en cualquier etapa del ciclo vital, puede dividirse en tres tipos dependiendo de la fase del ciclo biológico en que se presenta: en el organismo antes de llegar a la etapa reproductora, durante la selección de pareja, y durante el desarrollo embrionario. Que algunos animales cavernícolas sean ciegos o tengan una piel pálida se relaciona con la selección natural. Cuando los ancestros de estos animales se desplazan al interior de las cavernas, la selección deja de ejercer presión sobre estos caracteres: el color de la piel deja de tener importancia porque no es necesario el camuflaje, y la vista no es muy necesaria. Los organismos no pigmentados y los sin ojos tienen la ventaja de no gastar energía en elaborar estructuras inútiles, por lo tanto serán favorecidos por la selección a su favor. La presión de selección favorece en estos seres el desarrollo de estructuras como largos tentáculos o pelos sensibles.

### **Impulso meiótico**

Ocurre distorsión de la proporción genotípica cuando la meiosis origina un tipo de gameto letal o incapaz de conjugarse de acuerdo con el modelo normal de segregación meiótica. Este fenómeno se denomina *deriva meiótica* o *impulso meiótico*.

En los ratones comunes los individuos homocigotos recesivo (tt) mueren antes de nacer, porque el gen t es letal recesivo, pero los heterocigotos (Tt) son ratones sin cola que transmiten al gen t en frecuencias tan elevadas como el 99% comparado con el alelo normal, debido a importantes diferencias en el poder fecundante de los espermatozoides que llevan uno u otro de estos alelos. En la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*) existe un complejo de genes denominado “distorsionador de segregación” (SD). Si una mosca hereda el SD de un progenitor y el alelo normal del otro, transmite al gen SD al 95% o más de su descendencia. Se ha descubierto que en este complejo de genes un gen produce una toxina que mata a los gametos que no llevan SD y otro protege a los gametos portadores de SD contra la toxina.

En síntesis, los procesos básicos que cambian las frecuencias génicas durante la evolución son: la mutación (1) y la recombinación génica (2) por reproducción sexual, que originan variabilidad pero no suponen direccionalidad, aportando variabilidad al fondo genético común de una población, representada por los individuos variantes que componen cualquier población de fecundación cruzada.

La organización de los cromosomas (3) y sus variaciones modifican el ligamento factorial y producen secuencias ordenadas de variabilidad en el total de los genes de una población, que cambia su composición dirigido por la selección natural (4). Los límites dentro de los que la selección natural puede dirigir una población están dados por el aislamiento reproductivo (5), fundamental en el proceso de formación de nuevas especies (especiación). A estos procesos se agrega el impulso meiótico (6), que ocurre rara vez, la deriva génica (7) que reduce la variabilidad genética mediante el azar, y el flujo génico (8), que introduce genes a la población mediante la inmigración de individuos con determinadas mutaciones.

La mutación, la selección y la migración cambian las frecuencias génicas de forma direccional, y pueden llevar a la fijación de ciertos genes y a la pérdida de otros, o bien a un equilibrio final entre los alelos existentes. Sin embargo, existen fuerzas no direccionales, como la deriva genética, que pueden ser importantes provocando cambios de frecuencia génica. Esto resulta especialmente cierto si una nueva población comienza con una pequeña muestra, en la cual la frecuencia génica varía de la de la población original.

La deriva génica y otros factores aleatorios pueden ser importantes en el establecimiento de variabilidad impredecible dentro de la población. Por lo general, la uniformidad genética implica una desventaja, excepto en ambientes idealmente uniformes y constantes. La superioridad de los heterocigotos en muchos ambientes, algunos fenómenos genéticos como la dominancia-recesividad o la epistasis, y la selección disruptiva, son mecanismos que tienden a mantener la variabilidad de las poblaciones.

### **BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Mettler y Gregg (1972); Patterson (1985); Ridley (1987); Wallace, King y Sanders (1990)

### **SITIOS DE INTERNET**

<http://www.talkorigins.org/faqs/>

[http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/H/Hardy\\_Weinberg.html](http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/H/Hardy_Weinberg.html)

[http://anthro.palomar.edu/synthetic/synth\\_2.htm](http://anthro.palomar.edu/synthetic/synth_2.htm)

<http://www.ndsu.nodak.edu/instruct/mcclean/plsc431/popgen/popgen3.htm>

## ACTIVIDADES

### 3.1. Estudios de la variabilidad fenotípica intrapoblacional

Objetivo: Los alumnos estudian la variabilidad entre individuos de una población, hecho clave para la evolución por selección natural. El estudio se realiza mediante observación, medición y comparación de los caracteres registrados en los individuos.

En la mayoría de las poblaciones de organismos existe una gran variedad en las estructuras, composición química, conducta, información genética y otros aspectos. Las variaciones observables reciben el nombre de variación fenotípica, y puede representarse mediante la obtención de valores promedio o distribuciones de frecuencia. Los caracteres estudiados pueden ser cualitativos, métricos o merísticos. Los caracteres cualitativos o atributos son aquellos que están presentes o ausentes en cada individuo, o se encuentran bajo una u otra forma, por ejemplo con apéndices o sin apéndices, sexo femenino o masculino. Los caracteres métricos se encuentran desarrollados en algún grado dentro de una escala continua, por lo tanto se miden en forma aproximada con una escala con decimales, por ejemplo longitud, peso, grado de pigmentación. Los caracteres merísticos también son cuantitativos, pero se expresan en números enteros, por ejemplo número de patas o de semillas.

a) Un grupo de alumnos estudia la variabilidad en una muestra de semillas, por ejemplo poroto o maíz. Con un puñado de semillas se hace una revisión inicial para determinar qué caracteres variables se registrarán, por ejemplo dimensiones, color, superficie. Luego se registra cada uno por separado. Por ejemplo, se mide la longitud, se registran los valores y terminada la medición se agrupan por intervalos de frecuencia. Los valores obtenidos se representan en gráficos de barras. Luego se repite el procedimiento con otro carácter, por ejemplo el ancho.

b) Un grupo de alumnos realiza la extracción de hojas de varios árboles de una especie. Miden una cantidad adecuada de hojas, anotan los valores y los agrupan por intervalos de frecuencia y construyen un gráfico de barras. Registran a continuación otros caracteres variables, con los que proceden de igual forma.

c) Un grupo de alumnos se dedica a analizar la variabilidad en las características de una población humana, correspondiente al grupo curso. Pueden seleccionar caracteres como color de ojos o de pelo, índice cefálico (ancho de la cabeza/longitud de la cabeza x 100), grupo sanguíneo, capacidad de enrollar longitudinalmente la lengua, lóbulo de la oreja libre o adherido.

Finalizado el trabajo, cada grupo expone sus resultados al curso y se discuten desde el punto de vista evolutivo. Por ejemplo, la variabilidad encontrada, ¿tiene un carácter adaptativo o puede fluctuar al azar?, ¿pueden ser las dimensiones de las semillas un carácter sometido a selección natural? (semillas más grandes podrían acumular mayor cantidad de reservas alimenticias, los depredadores de semillas podrían ser agentes selectivos, ya sea destruyéndolas ya sea ayudando a su dispersión), otros caracteres de las semillas, ¿podrán favorecer la dispersión de la especie o hacer más difícil o más fácil su encuentro por parte de los animales?. Algún carácter humano estudiado, como el color de los ojos, ¿podrá estar asociado a la preferencia por una pareja sexual?, ¿podría haber una asociación del tipo de grupo sanguíneo con la mayor o menor susceptibilidad a ciertas enfermedades, como se ha propuesto, o no está asociado a la selección natural?.

### 3.2. Evolución en una población de fichas de colores

Objetivo: Los alumnos simularán el proceso de la selección natural en relación a la coloración en diferentes substratos.

Consiste en un juego entre varios equipos. Se requieren fichas plásticas de cuatro colores diferentes de tipo casino que se venden en librerías (50 de cada color), 4 estacas, 16 metros de cordel. Con las estacas se establecerá en el suelo de tierra o maicillo un área cuadrangular de 4 m por lado, limitada por el cordel. Antes de comenzar el juego se colocará un cubierta de cartulina de color sobre área seleccionada y el director del juego (profesor o su ayudante) dispersará sobre ellas, uniformemente, todas las fichas. Cuando se de la partida, un representante de cada grupo ingresarán simultáneamente a la zona del juego y recogerán el máximo de fichas del color de su equipo durante 30 segundos.

Los tiempos de ingreso y salida al área de juego serán indicados mediante el sonido de un pito por el director del juego. Terminada la recolección de fichas, se anotarán las recogidas por cada representante de los grupos.

El proceso se repetirá cambiando el área de juego a una zona de pasto. Se analizarán los resultados considerando el porcentaje de fichas recogidas de cada color en relación con el sustrato (sobre tierra y sobre pasto).

Cada grupo elaborará un informe en el que se analizarán los resultados, de acuerdo a la siguiente pauta:

a) ¿Qué equipo ganó en cada uno de los sustratos?. ¿Hubo alguna relación entre los colores de los sustratos y los colores de las fichas de los equipos que obtuvieron peores resultados?

b) Las fichas representan individuos de una misma especie y población, pero de distintas coloraciones que viven en una determinada área geográfica, representada por cada zona de juego. Cada sustrato (pasto o tierra) representa un hábitat diferente. ¿Qué tipo de herencia determinaría el color en este caso? (pista: hay más de dos colores). ¿Cuántos genes alelos estarían interviniendo? (puedes plantear alternativas según diferentes condiciones de dominancia-recesividad o de codominancia).

c) Supongamos que las fichas que quedaron sin recoger representan a individuos que mueren sin dejar descendencia y las fichas recogidas son los sobrevivientes que llegan hasta la madurez y dejan descendencia. Si en todos los colores cada sobreviviente deja en promedio 5 hijos. ¿Cuántos individuos de cada fenotipo (color) habrá en la nueva generación en cada uno de los dos hábitats?. Manteniendo el porcentaje de sobrevivientes, calcula en cada caso la tercera generación y grafica.

d) Obviamente en este juego se está simulando un proceso de selección natural. El carácter seleccionado es la coloración en relación al sustrato. Idea variaciones del mismo juego que podrían simular la acción de otros factores evolutivos: deriva génica, mutación, flujo génico entre las poblaciones que ocupan ambos hábitats.

3.3. En la especie humana el gen para el albinismo (a) es recesivo frente al alelo dominante (A) que determina pigmentación normal. Si en una población el 8% de las personas son albinas. a) ¿Cuál es la frecuencia del alelo dominante. b) ¿Qué porcentaje de la población es albina y que porcentaje presenta pigmentación normal?. c) ¿Qué porcentaje de individuos son heterocigotos (Aa)?. d) Si en esta población hipotética se cumplen las condiciones del equilibrio de Hardy-Weinberg, ¿qué frecuencias genotípicas debe esperarse en la siguiente generación?.

3.4. Una población se encuentra en equilibrio génico para los genes A y a, ¿Cuáles son las frecuencias gaméticas y cigóticas de A si el alelo a es homocigótico en el 36% de la población?. Si el 16% de los individuos presentan el fenotipo recesivo, ¿Cuál es la frecuencia de cada uno de los alelos?

3.5. Completa el siguiente cuadro explicando el efecto de alteración de los aspectos indicados en una población:

Aspecto	Efecto de su alteración
Tamaño poblacional grande	
Apareamientos al azar	
Ausencia de mutaciones	
Ausencia de flujo génico	
Ausencia de selección natural	

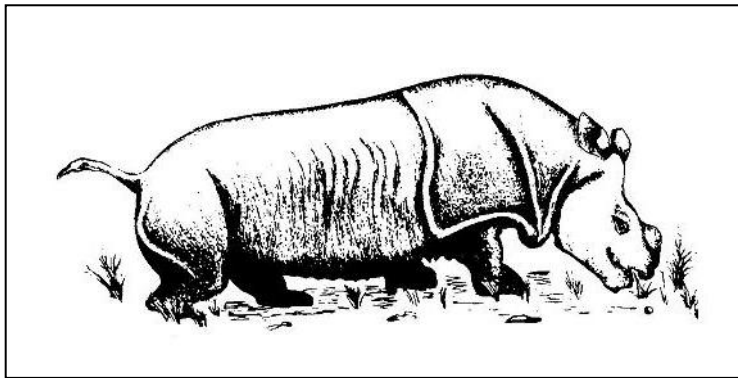
3.6. ¿Qué importancia evolutiva pueden tener las mutaciones en los genes que regulan los procesos generales del desarrollo a diferencia de los llamados “genes estructurales” que participan en determinar la síntesis de proteínas más limitadas en la determinación de caracteres específicos?

3.7. Existen poblaciones de lagartos llamados geckos, formadas solamente por hembras. Ellas se reproducen asexualmente mediante partenogénesis, proceso mediante las crías se forman en huevos no fecundados. Otras poblaciones están formadas por machos y hembras que se reproducen sexualmente.

a) Explica una ventaja y una desventaja evolutiva de estos dos tipos de poblaciones en relación con su reproducción. b) Si la región geográfica en que viven los geckos experimentara fuertes cambios climáticos graduales durante un largo tiempo, ¿Cuál de los dos tipos de poblaciones tendría más problemas de supervivencia?. Explica. c) ¿Qué características genéticas se puede esperar que tengan las poblaciones partenogénicas de geckos?.



3.8. Existen mutaciones que producen cambios alométricos, desacoplan la velocidad de crecimiento de diferentes componentes corporales, produciendo cambios en sus proporciones relativas. Por ejemplo, el crecimiento de las extremidades puede hacerse muy lento y las epífisis fusionarse en el tiempo normal, lo cual produce extremidades cortas. Es el caso de las gallinas rastreras y de los perros “basset”. En 1791, una oveja del granjero Seth Wright, de Massachusetts, Estados Unidos, dio a luz un carnero que originó a la raza “ancón” o “carnero-nutria”, con patas cortas y encorvadas. La cepa desapareció, pero en 1919 apareció la misma mutación en un rebaño de ovejas en Noruega. En el Mioceno y Plioceno inferior de Norteamérica existió el rinoceronte *Teleoceras fossiger* también con patas cortas.



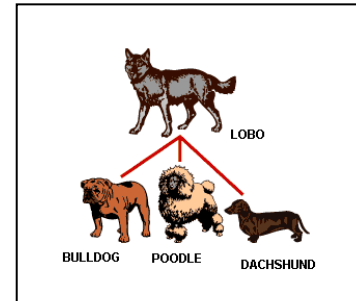
a) De acuerdo con los antecedentes entregados, ¿El origen de la forma corporal del género de rinocerontes *Teleoceras* fue producto de una evolución gradual o repentina?. b) Los perros basset, los carneros de raza ancón y las gallinas rastreras no podrían mantenerse mucho tiempo si no fuesen animales domésticos, criados por el ser humano.

¿Cómo puede explicarse la supervivencia durante millones de años de los rinocerontes del género *Teleoceras*?

c) ¿Qué factores del mecanismo evolutivo aparentemente fueron los más importantes en el surgimiento del género *Teleoceras*?. d) Supongamos que estos rinocerontes hubiesen tenido una forma de vida anfibia, como los hipopótamos actuales. Establece las posibles hipótesis en relación con la secuencia de cambios evolutivos en sus características ecológicas, conductuales y morfológicas.

3.9. Supongamos que en el futuro se construyen seres vivos artificiales mediante técnicas avanzadas de ingeniería genética y se decide poblar un planeta deshabitado con ellos. Si se pensara que podría ser peligrosa su evolución para la especie humana, ¿de qué tipo de reproducción se les dotaría (sexual o asexual)?. Justifica tu respuesta.

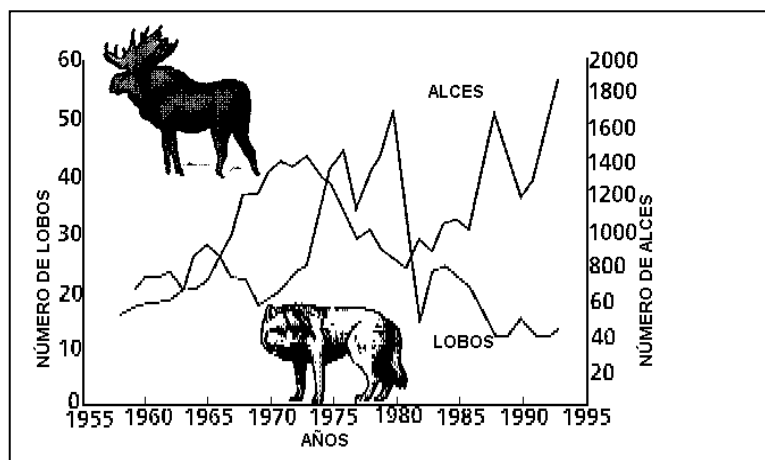
3.10. Entre las diversas razas de perros domésticos (*Canis familiaris*) se encuentran los sabuesos, bulldog, pastor escocés, poodle, chiguagüño, etc. a) ¿Qué ventajas presentan para el ser humano frente a los ejemplares de su misma especie mestizos o no de raza?. b) ¿Cómo llegaron a obtener los criadores estas diversas razas de perros?. c) ¿Qué similitudes y diferencias existen entre la formación de estas razas y la formación de las especies de acuerdo con el tipo de selección?



3.11. Haz un gráfico que muestre la frecuencia de un determinado alelo bajo las condiciones de selección direccional, selección estabilizadora y selección disruptiva.

3.12. Hasta hace algunos años en diferentes países se crearon reservas naturales o parques nacionales para preservar la vida silvestre bajo la forma de islas. Actualmente los conservacionistas están tratando de convencer a las autoridades que formen corredores a través de los cuales se unan las islas y los organismos puedan intercambiarse. ¿Cuál es el fundamento de esta idea y por qué es importante?

3.13. La velocidad máxima a la que se desplazan los lobos (*Canis lupus*) y sus presas, los alces (*Alces alces*), es similar. a) ¿Qué proceso es responsable de esta similitud?. b) A continuación se grafica los cambios poblacionales de alces y lobos durante 40 años. ¿Qué ocurriría a largo plazo si en una población de lobos surge mediante mutación un gen que les confiere mayor velocidad?. c) ¿Qué ocurriría a largo plazo si en una población de alces surge mediante mutación un gen que les confiere mayor velocidad?.



3.14. ¿Qué tipo de selección natural (disruptiva, direccional, normalizante) ocurre en los siguientes casos?:

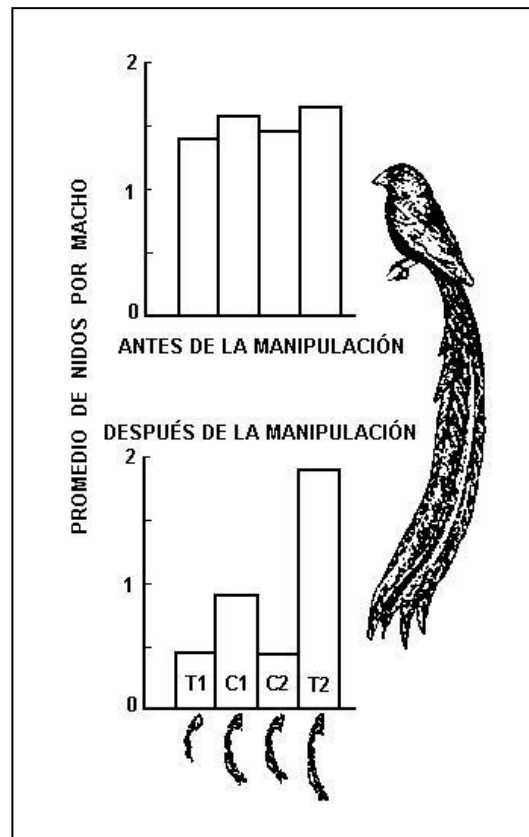
- a) Cambio en la resistencia a los antibióticos de poblaciones bacterianas:
- b) Alta mortalidad durante el parto de recién nacidos de muy bajo peso y muy alto peso.
- c) En suelos con áreas de arena blanca y material volcánico negro viven ratones negros, grises y blancos, que son depredados por aves de rapiña que los ubican visualmente.
- d) Crustáceos planctónicos son consumidos masivamente por grandes peces, que tragan agua. Los crustáceos más pequeños escapan entre las láminas de las branquias.

3.15. Las estadísticas demuestran que los seres humanos que viven en determinado país han aumentado su estatura promedio en forma continua durante las últimas generaciones. Un investigador sugiere que está produciéndose una selección natural direccional sostenida, de modo que esta población evoluciona rápidamente. Otro responde que la población no está evolucionando, el cambio en la estatura se debe a un mejoramiento progresivo de las condiciones nutricionales y control de parásitos e infecciones. Diseña un estudio para determinar la validez de ambas hipótesis.

3.16. Los genes varían en relación con su frecuencia de mutación. ¿Qué consecuencias puede esperarse en general si en una población los genes tienden a mutar frecuentemente, si mutan con frecuencia muy baja o si no mutan?. Explica.

3.17. En 1982, Maite Andersson describió en *Nature* (299:818-820) un experimento con las aves viuda de cola larga (*Euplectes progne*). Los machos defienden territorios de cría donde nidifican hasta 9 hembras. La cola de las hembras mide unos 7 cm de longitud, la de los machos hasta 50 cm. Se seleccionó 4 grupos de 9 machos cada uno. A los del grupo T1 se les cortó un trozo de cola de 14 cm, que se utilizó para alargar la cola de los machos del grupo T2, los que por lo tanto quedaron con cola de unos 64 cm. Los machos del grupo C1 se liberaron sin ser manipulados, a los del grupo C2 se les cortó un trozo de cola y se les volvió a pegar, sin modificar su longitud. Fueron soltados y se contó el número de nidos por macho antes y después.

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico. a) ¿Qué tipo de selección demuestra este experimento?. b) ¿Quién cumple el papel seleccionador?. c) ¿Qué razón tienen los grupos tercero y cuarto desde el punto de vista experimental?. d) ¿Qué conclusiones se obtienen según el gráfico?. e) ¿Qué factor podrá evitar que la cola de los machos aumente de longitud en forma natural hasta unos 64 cms?.



3.18. En un caracol terrestre los ejemplares tienen uno de varios colores: café, amarillento o color intermedio producto de la interacción de los genes que determinan los otros dos. Los pájaros los buscan entre la vegetación. En primavera el color predominante de la vegetación es café, en verano es predominantemente amarilla. a) Explica qué mecanismo evolutivo esperas que ocurra. b) ¿Forma una población dimórfica o polimórfica?. c) ¿Qué coloración de caracoles esperas que sea más frecuente a través del año?. Grafica tu predicción indicando las curvas poblacionales para cada variedad. d) ¿Qué podría ocurrir con la población de estos caracoles si en la zona en que viven se extinguen los pájaros que los depredan?. e) ¿Qué esperarías que ocurra con la población de caracoles si la vegetación en que viven es reemplazada por el ser humano por un bosque de pinos siempre verde que pudiese servir de alimento al caracol?.

3.19. La corea de Huntington o mal de San Vito afecta a los seres humanos que llevan cierto gen recesivo en condición homocigota hacia los 40 años de vida, produciendo degeneración cerebral y movimientos incontrolados. ¿Es posible que la selección natural tienda a eliminar al gen responsable?. Justifica tu respuesta.

3.20. La enfermedad de Tay Sachs es otra enfermedad del sistema nervioso central humano debida a un gen recesivo en condición homocigota. A diferencia de la corea de Huntington, la enfermedad de Tay Sachs produce la muerte antes de los cinco años de vida. No existe tratamiento alguno. La frecuencia del gen en la mayoría de las poblaciones humanas es de menos de uno en cien mil, sin embargo entre los judíos ashkenazitas y en descendientes de holandeses radicados en Pensilvania, la frecuencia llega a uno en 60. a) ¿Por qué razones este gen sigue existiendo en las poblaciones humanas? b) ¿Cómo podemos explicar que entre los judíos ashkenazitas y en descendientes de holandeses radicados en Pensilvania este gen sea tan frecuente?

3.21. Algunas enfermedades mortales humanas se deben a genes letales dominantes, por lo tanto basta la presencia de uno de tales genes en condición heterocigota para que ocurra la muerte. Explica al menos tres razones por las cuales estos genes se mantienen en las poblaciones humanas, a pesar de que debemos esperar una fuerte selección natural en su contra.

3.22. C. Perrins estudió la sobrevivencia de los pájaros conocidos como vencejos (*Apus apus*) en relación al tamaño de la nidada (número de huevos). Sus resultados, publicados en la revista *Nature* (201, págs. 1147-1148, 1964) son los siguientes:

Tamaño de nidada	Número de nidadas	Número de polluelos	Polluelos muertos	Promedio de criados por nidada
1	30	30	2	0,93
2	72	144	5	1,93
3	20	60	9	2,55
4	16	64	36	1,75

De acuerdo con los resultados entregados,

- ¿Cuál es el tamaño óptimo de nidada para el vencejo en este estudio?
- ¿Qué tipo de selección natural interviene en el tamaño de nidada de las aves?
- Si un estudio similar se realizara con vencejos de otra latitud ¿Debemos esperar resultados similares o diferentes?. Justifica tu respuesta.
- Discute esta afirmación: “A las aves les conviene poner el máximo de huevos posible para que se mantenga el mayor número de sus genes en el futuro”

e) Si el ambiente se modifica y los vencejos disponen del doble de alimento que antes ¿Esperarías un cambio de tamaño de nidada?, y si es así, ¿Cómo ocurriría el cambio y en qué sentido?

3.23. El magnate norteamericano John D. Rockefeller, padre, expresó en un discurso: *“El crecimiento de un gran negocio es solamente la supervivencia del más apto... La rosa American Beauty puede producirse con el esplendor y la fragancia que reconforte a su espectador sólo sacrificando a los pequeños brotes que crecen a su alrededor. Ésta no es una mala tendencia en los negocios, es simplemente el funcionamiento de la ley natural y de la ley de Dios”*. La frase *“supervivencia del más apto”* se refiere a la selección natural darvinista. Analiza por qué Rockefeller estaba equivocado en su concepto de la selección natural.

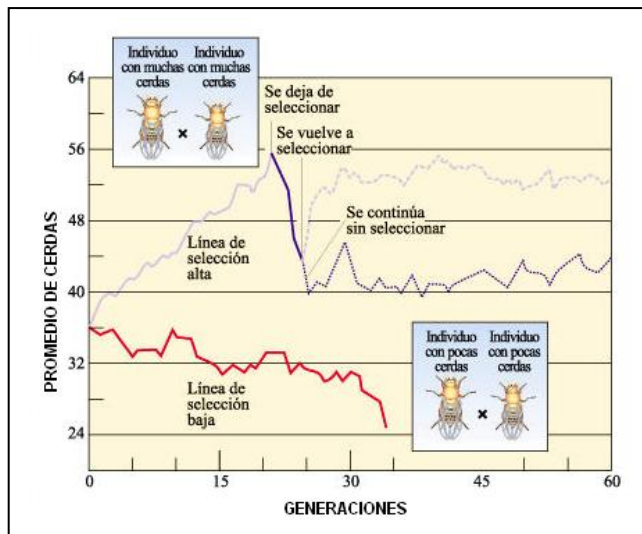
3.24. En el año 1775, la isla Pingelap, una de las Islas Carolinas, en la Micronesia, fue arrasada por el tifón Lengkieki, que mató al 90% de la población. La vegetación quedó arruinada, por lo que pronto muchos sobrevivientes murieron de hambre. La población, de casi mil habitantes, producto de una colonización ocurrida unos 800 años antes, se redujo a unos 20 sobrevivientes. Dado su aislamiento, en las siguientes décadas la población se fue incrementando rápidamente mediante el cruce entre parientes. En la segunda década del siglo XIX nacieron varios niños con falta de visión de colores (acromatopsia), descendientes del antiguo rey de la isla, que fue uno de los pocos sobrevivientes del tifón. En la actualidad una de cada 12 personas padece allí de falta de visión de colores, afección casi inexistente en otras partes del mundo, donde la incidencia es menor a un caso por cada 30.000 personas. a) ¿Qué aspectos son semejantes entre la población humana de la isla Pingelap y los guepardos?. b) ¿Por qué ante situaciones similares de fuerte reducción poblacional los guepardos presentan baja fecundidad y alta mortalidad, en cambio los humanos de Pingelap presentan acromatopsia?. c) ¿Podrían haberse producido estos efectos al contrario, es decir baja fecundidad y alta mortalidad en los humanos y acromatopsia en guepardos?. Explica.

3.25. En una determinada especie de pez, se correlacionan negativamente el tamaño de los huevos con su número. Si la selección natural favorece un mayor número de huevos, ¿qué ocurrirá con su tamaño?

3.26. En una población de mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) se hizo un experimento de selección del número de cerdas ventrales. En la población original el promedio de cerdas era 36, en una línea de selección se llegó a un promedio de 56.

a) ¿Qué demuestra este experimento respecto a la variabilidad genética de las poblaciones.

b) Los antievolucionistas afirman que la selección solamente elimina a los individuos inadaptados. Explica cómo este experimento demuestra que están equivocados.



3.27. En la mayor parte de las culturas se han prohibido los matrimonios consanguíneos, y existe una tendencia natural a evitar el incesto (relaciones sexuales entre parientes próximos). Los matrimonios entre parientes próximos podrían ser favorables social y económicamente, porque acumularían riquezas. ¿Cuál es la explicación biológica y evolutiva de esta contradicción?

3.28. Dos estudiantes que preparan un examen sobre evolución discuten acerca del principio o ley de Hardy-Weinberg. Uno de ellos opina que es solamente un modelo útil para comprender la microevolución, el otro dice que es un enunciado realista de lo que realmente ocurre en las poblaciones naturales. ¿Quién tiene la razón?. Argumenta.

3.29. Explica las diferencias entre las ideas de Charles Darwin y la actual teoría sintética de la evolución biológica.

3.30. A fines del siglo XIX, el zoólogo Hermon Bumpus recogió los cadáveres de gorriones tras una fuerte tormenta de hielo. Entre ellos encontró escasos ejemplares cuya longitud de alas fuese cercana a al promedio. a) ¿Qué tipo de selección natural se produjo?, b) ¿Qué efecto tendrá esta selección sobre la longitud promedio de las alas en la población de gorriones?

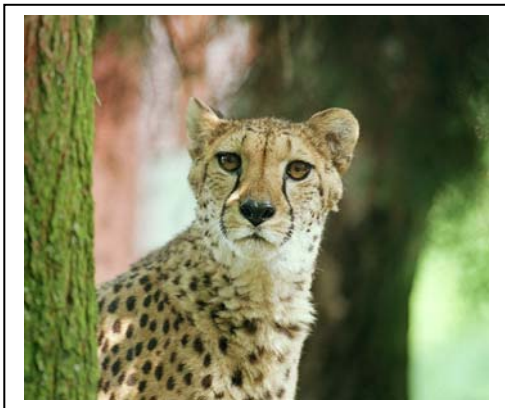
3.31. ¿Por qué la eliminación de una población de un fenotipo indeseable determinado por genes recesivos solamente reduce ligeramente la frecuencia del gen?

- 3.32. Explica la relación entre evolución, variación, mutación, deriva génica y selección natural.
- 3.33. Explica en qué consiste el equilibrio genético de Hardy-Weinberg y describe los factores que influyen en él. ¿Qué factores influyen más en las poblaciones grandes que en las pequeñas?
- 3.34. ¿Cuál es la importancia de los distintos tipos de mutaciones génicas y cromosómicas para el proceso evolutivo?
- 3.35. Discute el papel de las mutaciones y el de la selección natural como factores creativos en el proceso evolutivo.
- 3.36. Sobre las mutaciones neutras no actúa la selección natural. ¿Cómo pueden ser fijadas o eliminadas de una población?
- 3.37. Explica, mediante ejemplos, cómo sucesos al azar pueden modificar los resultados de la selección natural.
- 3.38. Muchos caracteres están determinados por genes que presentan dominancia/recesividad. Ante este hecho algunos estudiantes imaginan que con el tiempo solamente habrán genes dominantes, puesto que dominan a los recesivos. ¿Cuál es el error de este razonamiento?. ¿Cómo se puede demostrar matemáticamente que en ausencia de selección es falso?
- 3.39. Entre las gallinas domésticas (*Gallus gallinaceus*), los machos (gallos) presentan normalmente plumas largas, brillantes y coloridas, las hembras (gallinas) tienen normalmente un plumaje poco vistoso. a) ¿Cuál debe ser el origen de esta coloración diferente de machos y hembras de una misma especie. b) La coloración de los machos los hace más visibles y llamativos, por lo tanto más vulnerables a los depredadores, ¿Por qué la selección natural no ha hecho desaparecer este tipo de plumaje llamativo?
- 3.40. Explica por qué el proceso meiótico induce la variabilidad poblacional. (Pista: Repasa los acontecimientos de Profase I, Anafase I y Anafase II).
- 3.41. Explica qué mecanismos biológicos naturales tienden a aumentar la variabilidad genética intrapoblacional y cuáles tienden a disminuirla.



3.42. ¿Por qué razón cambios demasiado rápidos pueden determinar la desaparición de una población o un especie y por qué la reproducción sexual disminuye esa posibilidad?

3.43. El guepardo o chita (*Acinonyx jubatus*) es un félido que vivió antiguamente en una gran extensión mundial, pero desde hace unos 10.000 años su población mundial disminuyó bruscamente, existiendo actualmente unos 200 ejemplares en Asia (Irán) y entre 9.000 y 12.000 en África. El interés de reproducirlos en cautividad tropieza con grandes dificultades, porque los guepardos mueren fácilmente porque son muy susceptibles a las enfermedades y los machos producen espermatozoides de baja calidad y en escaso número. Estudios de ejemplares provenientes de muy diferentes puntos geográficos muestran que son todos casi idénticos genéticamente. De acuerdo con esta información, a) ¿Cómo se explica que guepardos provenientes de zonas lejanas sean genéticamente casi idénticos?. b) ¿Qué relación existe entre las características genéticas de los guepardos con su baja fecundidad y alta mortalidad?. c) ¿Qué fenómeno evolutivo poblacional ha ocurrido con los guepardos?. d) Elabora un programa para mejorar en el futuro la situación de la crianza de guepardos.



3.44. ¿Cuáles son las diferencias fundamentales entre selección natural, deriva génica e impulso meiótico?. Da ejemplos.

3.45. Existe variabilidad poblacional fenotípica (en los caracteres físicos) y genotípica (en la información genética). a) ¿Cómo actúa la selección natural sobre ambos tipos. b) ¿Cuál es la importancia evolutiva de cada una?.

## MÓDULO NÚMERO 4: PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN

**PALABRAS CLAVE:** fósiles, principio de superposición, datación, series continuas, fósiles de transición, islas oceánicas, especies endémicas, deriva continental, especies politípicas, subespecie, círculos de razas, órganos homólogos, recapitulación, evolución divergente, órganos análogos, evolución convergente, órganos rudimentarios o vestigiales, hibridación de ADN, reacciones antígeno-anticuerpo

### LECTURA

Probablemente no hay otra teoría científica tan sólidamente argumentada como lo está la evolución biológica. A medida que ha transcurrido el tiempo y se han intensificado las investigaciones biológicas, las bases sobre las que descansa la evolución biológica se han hecho más firmes. Numerosos descubrimientos no previstos por Charles Darwin constituyen importantes pruebas, como la genética mendeliana y molecular, genética de poblaciones, edad de la Tierra, universalidad del código genético, bioquímica de proteínas, etc.

La “*evolución biológica*” implica que las especies son susceptibles de transformarse unas en otras, frente a la hipótesis alternativa que defiende su inmutabilidad. Establece que, desde el punto de vista genealógico, las distintas especies comparten su origen, frente a la hipótesis alternativa que requiere orígenes independientes para distintos linajes. Se dispone de pruebas concluyentes en favor de ambos postulados. Las pruebas acumuladas a favor de la evolución por todas las disciplinas biológicas han aumentado con el avance científico, llegando a ser aplastantes.

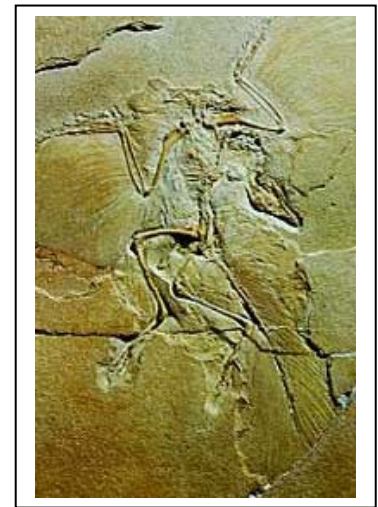
### 1. PRUEBAS PALEONTOLÓGICAS

La paleontología estudia los *fósiles*, restos de organismos hallados en las rocas sedimentarias o las evidencias de su existencia. Se trata de organismos que vivieron en el pasado, hace más de 10.000 años, por lo tanto la paleontología entrega las pruebas más directas del cambio evolutivo, son el registro de la historia de la vida sobre la Tierra.

Los cadáveres o vegetales muertos suelen ser destruidos rápidamente por necrófagos o por la putrefacción, pero pueden conservarse si son rápidamente cubiertos por materiales como lodo, polvo volcánico o sedimentos. En casos especiales se conservan en hielo, ámbar o turba. Cuando los materiales que los rodean se transforman en rocas pueden conservarse durante mucho tiempo.

Las rocas sedimentarias se disponen en capas o estratos, cuya antigüedad puede datarse con métodos muy precisos. Las capas fosilíferas deben ordenarse cronológicamente. Para ello pueden utilizarse sus características particulares y el *principio de superposición*, según el cual entre los estratos que no han sufrido perturbaciones importantes los más modernos se encuentran sobre los más antiguos. Existen métodos muy confiables de *datación* de los fósiles, consistentes en entregar su edad absoluta, expresada en número de años de antigüedad. La datación radiométrica se basa en que algunos elementos químicos se desintegran radiactivamente, transformándose un isótopo en otro o en una sucesión de otros isótopos. El más empleado es la datación mediante potasio-argón y el más conocido y publicitado es el del carbono 14, sin embargo dado que su vida media es muy corta este último no sirve para dataciones superiores a los 60.000 años de antigüedad, por lo tanto se aplica de preferencia en otra ciencia, la arqueología.

Existen *fósiles de transición* que conectan dos grupos diferentes, lo cual permite relacionar a las especies actuales mediante árboles evolutivos. Algunos ejemplos son *Archaeopteryx*, que conecta a los reptiles con las aves, *Seymouria*, entre anfibios y reptiles, *Ichthyostega*, intermedio entre pez y anfibio, los terápsidos o reptiles mamíferoides, que vinculan a los reptiles con los mamíferos.



Dado que para que se forme un fósil deben darse condiciones muy particulares, un escaso número de organismos muertos se fosiliza. De los fósiles existentes una pequeña parte se encuentran en yacimientos expuestos a la superficie y de ellos muchos se encuentran en zonas difíciles de explorar y de los que están accesibles, una muestra aún menor llega a los museos y es estudiada por los paleontólogos.

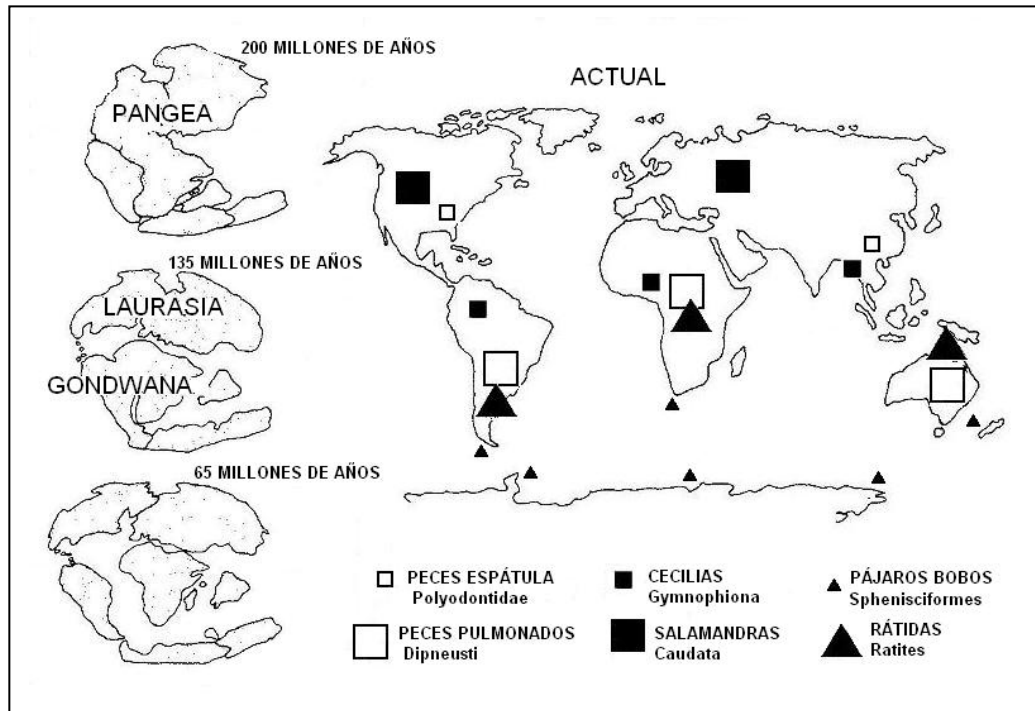
Incluso a veces se han descubierto nuevas especies en cajones guardados durante décadas en museos sin ser estudiados. Por estas razones, conocemos una mínima parte de la vida antigua. Se dice que el registro fósil es muy incompleto o imperfecto. Sin embargo, año a año se realizan nuevos hallazgos y nuevas publicaciones que aumentan nuestros conocimientos en este terreno.

A pesar de la imperfección del registro fósil, el de determinados grupos está particularmente bien documentado, como es el caso de équidos (caballos y sus parientes), proboscidios (elefantes, mastodontes, mamuts, etc.), camélidos, moluscos bivalvos (almejas y similares), trilobites, reptiles sinápsidos (antecesores de los mamíferos), etc. Ello demuestra claramente que las especies se transforman unas en otras, puesto que se conocen *series continuas* en las que los caracteres se modifican gradualmente. Ello ha permitido reconstruir la historia evolutiva de diversos grupos. La paleontología demuestra el lento *aumento de la diversidad y complejidad* de los organismos pertenecientes a diferentes grupos a través de los tiempos geológicos.

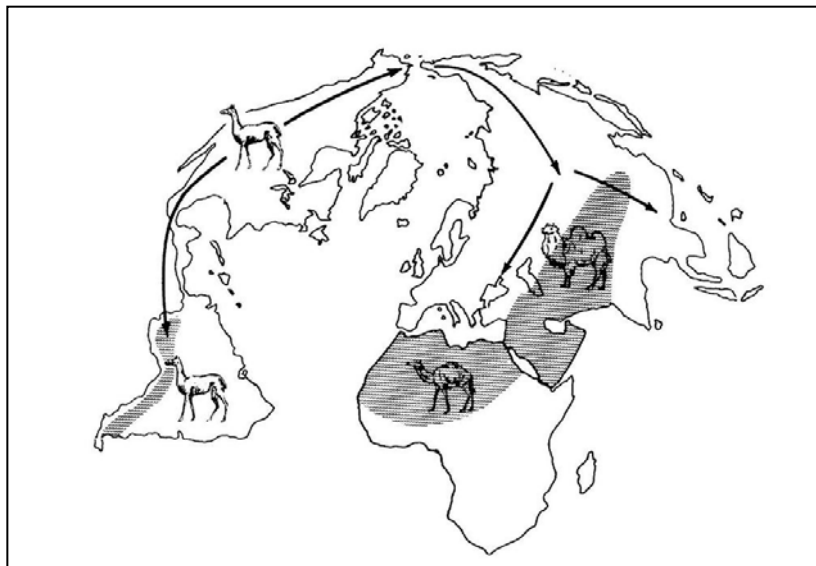
## 2. PRUEBAS BIOGEOGRÁFICAS

La biogeografía solo tiene sentido analizada desde el punto de vista histórico-ecológico y si se acepta la evolución: regiones que presentan factores ambientales muy parecidos suelen contener especies muy diversas desde el punto de vista taxonómico, y a la inversa, zonas con condiciones ambientales muy distintas suelen estar pobladas por especies muy similares. En general, cuanto más alejadas y más separadas han estado dos regiones, más diferencias existen en sus organismos. Evidencias a favor de la generación de nuevas especies desde ancestros comunes lo suministran las faunas de las islas. Comparadas con las islas continentales, las *islas oceánicas* (que nunca estuvieron unidas con un continentes) presentan pocos grupos (por ejemplo carecen de anfibios y de peces continentales), porque fueron colonizadas al azar, sin embargo tienen numerosas *especies endémicas* (exclusivas del lugar). A pesar de su escasa diversidad de taxones supraespecíficos (familias, por ejemplo), cada grupo está morfológica y ecológicamente muy diversificado, con formas especializadas en explotación de recursos que en el continente son utilizados por otros grupos. Los organismos de las islas oceánicas derivan de antepasados provenientes del continente que, en ausencia de competidores, dieron lugar a especies que ocuparon nichos vacantes.

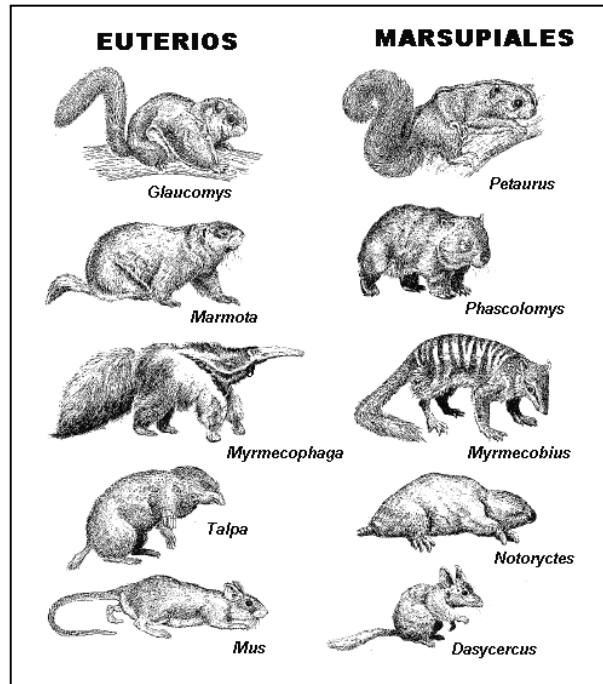
La distribución de los grupos de organismos se explica evolutivamente por la historia de continentes y mares, sujetos a cambios por la *deriva continental*. En la era Paleozoica las tierras emergidas formaban un gran continente, Pangea, que ocupaba el 40% de la Tierra. Al inicio del Mesozoico comenzó a dividirse en Laurasia al norte y Gondwana al sur, que durante el Terciario comenzaron a adoptar los rasgos actuales. Los cambios continentales con faunas y floras asociadas explican la especial distribución de fósiles como *Lystrosaurus*, del Triásico inferior, cuyos restos se hallan en Sudáfrica, India y Antártida, que en esa época formaban Gondwana. También explica la distribución de vegetales como las magnolias y muchos grupos de vertebrados.



La distribución de grupos actualmente limitados a zonas geográficas separadas en ambos hemisferios se explican también mediante el registro fósil, que muestra especies que emigraron siguiendo ciertas rutas. Los camélidos (camellos del Viejo Mundo, guanacos y llamas de Sudamérica) se encuentran a kilómetros de distancia, pero el registro fósil evidencia emigraciones desde Norteamérica hacia el Asia por el estrecho de Behring y hacia Sudamérica por el Istmo de Panamá.



En algunos casos la ausencia de ciertos animales refleja barreras geográficas a la expansión, por ejemplo la falta de mamíferos euterios en Australia, dado que esta zona se había aislado al separarse de Gondwana cuando se originaron los euterios, conocidos tradicionalmente como placentados. Sin embargo, entre los marsupiales australianos y los euterios de otras partes del planeta se encuentran muchas formas superficialmente similares que desarrollan formas de vida equivalente, debido a una evolución convergente.

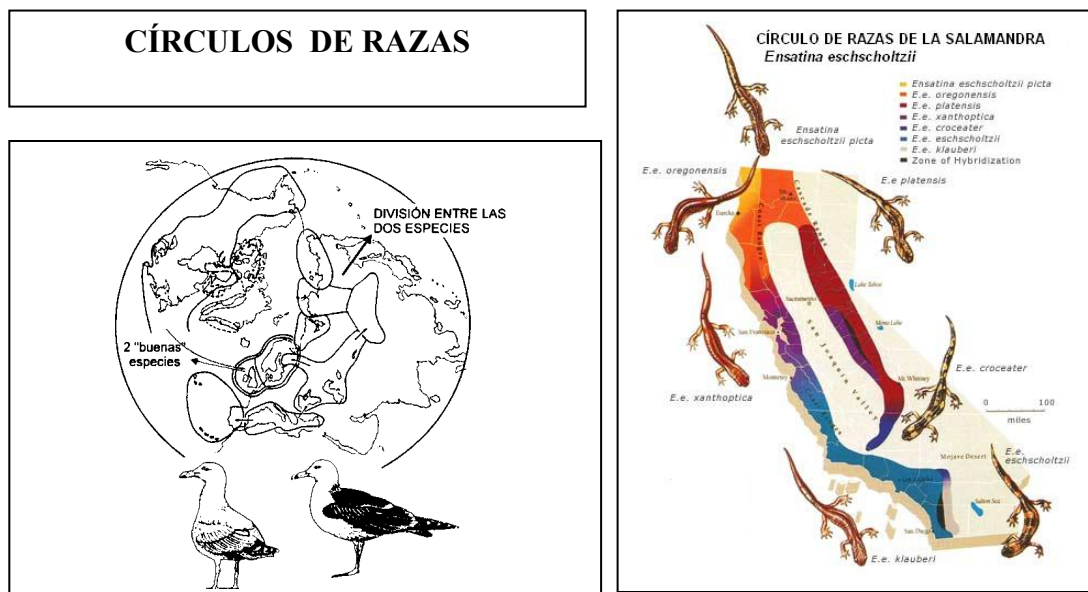


### 3. PRUEBAS TAXONÓMICAS

Las clasificaciones zoológicas y botánicas son jerarquizadas (incluyen una gran cantidad de niveles incluidos uno dentro de otros), y cada grupo se caracteriza por numerosos caracteres. Esto sugiere ancestros comunes para cada grupo, en ausencia de evolución los organismos no podrían clasificarse de esa manera. En lo referente a la mutabilidad de las especies, existen poblaciones cuya morfología ha cambiado de manera observable a lo largo del tiempo, cómo es el caso de insectos que han adquirido coloraciones melánicas que los camufla en áreas ennegrecidas por la contaminación.

Por su parte, la producción de razas domésticas por selección artificial demuestra que los caracteres pueden alterarse hasta dar lugar a variedades más diferenciadas que muchas especies naturales.

Muchas especies distribuidas en grandes áreas son *politípicas*, están formadas por una serie de razas geográficas llamadas "*subespecies*", que mantienen diferentes conjuntos de genes, diferenciándose en determinadas características., por ejemplo coloración, dimensiones, conductas. En las zonas en que se encuentran las subespecies normalmente se hibridan y los híbridos son fértiles. Sin embargo, en muchos casos si experimentalmente se reúnen individuos procedentes de subespecies alejadas se presentan dificultades para la reproducción, lo cual indica que las subespecies pueden originar especies nuevas. Las subespecies en algunos casos forman los llamados *círculos de razas*. Por ejemplo, las gaviotas sombrías (*Larus fuscus*) y las gaviotas argéneas (*Larus argentatus*), son bien distinguibles en Europa Noroccidental, donde apenas existen híbridos, pero a lo largo de las costas del océano Ártico hay una sucesión de razas con modificación paulatina de tamaño, coloración del dorso y de patas, siendo la separación entre ambas especies arbitraria. La distribución se interpreta como un gradiente de subespecies que se cierra en círculo: en el punto donde coinciden los extremos las dos formas son "buenas" especies, pero a lo largo del círculo se produce una transformación gradual entre ambas. Círculos de raza análogos se conocen en muchas otras especies, como por ejemplo el carbonero (*Parus major*), el gorjeador (*Phylloscopus trochiloides*) y la salamandra norteamericana *Ensatina eschscholtzii*.



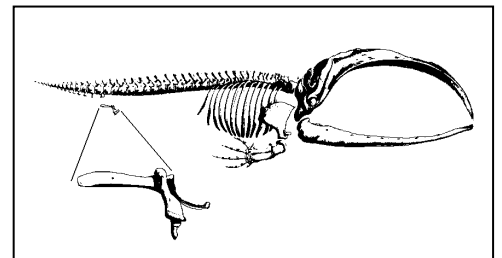
#### 4. PRUEBAS ANATÓMICAS O MORFOLÓGICAS

Las evidencias más obvias en cuanto al origen común, proceden de similitudes entre los órganos de especies pertenecientes a diferentes grupos, que presentan una estructura interna similar, relaciones parecidas con estructuras vecinas y un mismo origen embrionario, aunque están adaptadas para cumplir funciones diferentes (*órganos homólogos*).

Un ejemplo clásico de órganos homólogos es el de la estructura de las extremidades de los vertebrados cuadrúpedos. Así, los miembros anteriores de un gato, un humano, una ballena o un murciélago comparten la misma estructura básica, en el número y disposición de huesos y músculos, a pesar de que desempeñan funciones muy distintas, como correr, aprehender, nadar o volar. La explicación evolutiva de estas semejanzas es que los cuadrúpedos tienen miembros semejantes porque los han heredado de un antepasado común que ya poseía esa estructura. Si los distintos linajes hubieran tenido orígenes distintos, no habría ninguna razón para que presentasen este tipo de semejanzas. Se considera que las estructuras homólogas son una evidencia de la *evolución divergente* a partir de antepasados comunes.

Los *órganos análogos* son estructuras que poseen la misma función, porque adaptan a los organismos a una misma forma de vida, sin embargo tienen constitución, estructura interna y origen embrionario muy diferentes, por ejemplo las alas de los insectos y las de las aves. Son el resultado de una *evolución convergente*.

Los *órganos rudimentarios o vestigiales* son estructuras inútiles sin explicación para los no evolucionistas. Son rastros de estructuras que tuvieron un mayor desarrollo y fueron funcionales en los ancestros, pero no cumplen ninguna función en los organismos que los poseen.

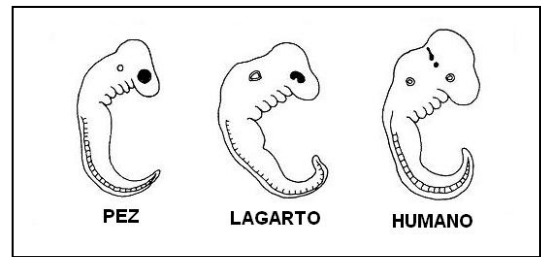


Las ballenas, que no tienen extremidades posteriores, presentan rudimentos de huesos de la cintura pelviana y de la parte superior de tales extremidades en su musculatura abdominal. En serpientes pitones existen restos óseos de la cintura pélvica y extremidades posteriores. En tortugas hay músculos intercostales, aunque las costillas están unidas formando el caparazón, por lo cual tales músculos carecen de razón. En el hombre existen órganos rudimentarios como el coxis (vértebras fusionadas que son restos de una antigua cola o apéndice caudal) y músculos auriculares (nuestros ancestros movían las orejas). El órgano rudimentario más conocido en el ser humano es el apéndice vermiforme, que es un vestigio sin función de un órgano que se desarrolla completamente en mamíferos como el conejo u otros herbívoros, en los que el ciego y su apéndice son grandes y almacenan celulosa que digieren bacterias simbióticas.

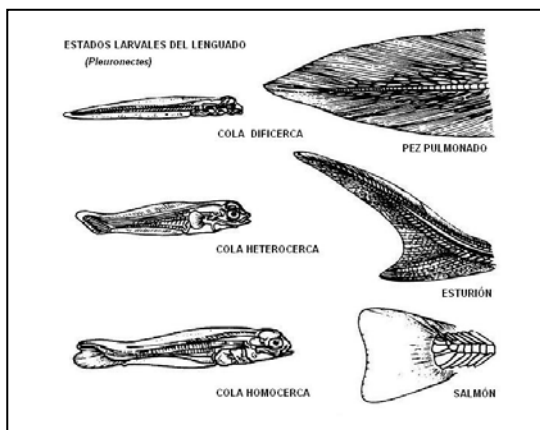


## 5. PRUEBAS EMBRIOLÓGICAS

En 1866, el biólogo alemán Ernst Haeckel enunció su hipótesis de la *recapitulación* o *ley biogenética fundamental*, según la cual los embriones reproducirían, abreviada, la historia evolutiva de sus ancestros.



Los vertebrados, como peces lagartos y mamíferos, se desarrollan de forma similar en etapas iniciales, y se diferencian cada vez más a medida que el desarrollo embrionario avanza. La explicación es que estos patrones se han heredado de un ancestro común, genes comunes regulan el desarrollo y sus efectos se diferencian conforme éste avanza. La recapitulación no siempre ocurre ni es rígida, como pensaba Haeckel, el embrión de un mamífero salta etapas y presenta otras exclusivas. Los embriones humanos y de otros vertebrados terrestres presentan aberturas branquiales, hecho que indica que todos descienden de antiguos peces que tenían branquias funcionales. Los estados embrionarios de algunos organismos suelen presentar estructuras inexistentes en los adultos, pero típicas de los representantes de grupos emparentados. Los embriones humanos tienen durante su cuarta semana de desarrollo una cola bien definida, que obviamente no existe en los adultos humanos ni antropoides, en los que aparece como un órgano rudimentario (vértebras coccígeas), pero está desarrollada en otros primates. Los fetos de algunas ballenas, tortugas y monotremas poseen dientes no funcionales, de los que carecen siendo adultos. Existen caracoles marinos (nudibranchios) que carecen de concha, pero pasan por un estado larvario que presenta una típica concha de molusco. Los marsupiales poseen vestigios del diente fetal que hace unos 100 millones de años servía para romper los huevos con cáscara de sus antepasados de tipo reptiliano.



La cola de los lenguados (*Pleuronectes*) pasa durante la fase larvaria secuencialmente por una forma llamada dificerca (sin lóbulos), luego heterocerca (lóbulo superior mayor) y finalmente homocerca (lóbulos iguales) típica del adulto. La cola dificerca es propia de peces pulmonados adultos, la heterocerca es típica de tiburones y esturiones.

## 6. PRUEBAS MOLECULARES

La biología molecular, la más reciente de las disciplinas biológicas, ha confirmado de manera contundente la evolución biológica y muchos detalles de su historia. Entrega evidencias de las relaciones evolutivas entre los diversos grupos taxonómicos (filogenia) y demuestra una constancia en el programa genético no aparente mediante comparaciones fenotípicas.

Una de las principales ventajas de las filogenias moleculares es que permite la comparación entre especies que externamente son muy diferentes, pero que comparten los mismos tipos de moléculas. Se estudia la similitud molecular entre distintas especies es mediante la hibridación ADN-ADN, consistente en separar la doble cadena de ADN de dos especies cualesquiera, mezclar las cadenas simples y medir el grado de unión o *hibridación* que se produce. Al combinarse ADN de dos orígenes diferentes, las cadenas se aparean sólo en las partes complementarias, se unen solamente los genes que comparten ambos organismos, por lo tanto el número de apareamientos es mayor en las especies más afines entre sí y menor en las más alejadas evolutivamente.

Las pruebas de evolución reveladas por la biología molecular son las más concisas, porque el grado de similitud entre secuencias de nucleótidos o de aminoácidos determinarse con precisión. Por ejemplo, el citocromo c de humanos y chimpancé está formado por 104 aminoácidos, los mismos y en el mismo orden. El citocromo del mono “reso” sólo difiere del de los humanos en un aminoácido de los 104; el del caballo en 11 aminoácidos; y el del atún en 21. El grado de similitud refleja la proximidad del ancestro común, lo cual permite reconstruir la filogenia de estos organismos. La secuenciación de ADN ha demostrado que el chimpancé es nuestro pariente actual más cercano: su ADN difiere del nuestro en sólo un 2,5%.

El análisis de las características de la hemoglobina permitió concluir que los humanos y chimpancé compartimos un antepasado común que vivió hace unos 4 ó 5 millones de años. Las semejanzas entre proteínas de diferentes organismos reveladas mediante *reacciones antígeno-anticuerpo* corroboran las vinculaciones sugeridas por otras ciencias biológicas.

## 7. OTRAS PRUEBAS

Todas las disciplinas biológicas en algún grado apoyan al proceso evolutivo. Las relaciones evolutivas sugeridas por distintos campos coinciden perfectamente entre sí, de modo que las evidencias de una cierta vinculación entre dos grupos de organismos se hacen más fuertes. La etología muestra que la conducta suele tener valor adaptativo y que evoluciona como cualquier otro carácter. Conductas aparentemente sin sentido se explican como modificaciones de conductas antiguas. Por ejemplo, en *Hilara sartor*, especie de mosca carnívora de la familia Empídidos, durante el cortejo los machos presentan a la hembra un globo de seda. Inicialmente no se sabía su razón de ser. Comparando con el cortejo de otras especies se concluye que inicialmente el macho no entregaba regalo a la hembra, pero era frecuentemente atacado y devorado por ésta. En estados evolutivos más avanzados entrega un insecto grande, que la hembra devora mientras el macho se aparea sin peligro; en otra etapa la presa es envuelta en hilos de seda, y la hembra se demora en consumirla, y gradualmente capullo se hace más importante y la presa más pequeña.

Cuando una especie se divide dando origen a dos especies nuevas, sus parásitos siguen viviendo sobre los individuos de ambas especies descendientes y en la medida que las especies hijas se diferencian entre sí, también lo hacen sus parásitos. Por ello, la parasitología aporta interesantes pruebas a favor de la evolución biológica. Por ejemplo, los piojos del género *Pediculus* se encuentran solamente en el ser humano y los chimpancés, y son diferentes a los piojos de otros mamíferos.

### BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Dodson (1963); Cellone (1967); De Beer (1970); Newell (1985); Strickberger (1993); Ridley (1996)

### SITIOS DE INTERNET

<http://www-rohan.sdsu.edu/home/corwin/paleoworld/index.html>

<http://evolutionibus.eresmas.net/pruebas.html>

[http://www.iespana.es/natureduca/bio\\_pruebas\\_evol.htm](http://www.iespana.es/natureduca/bio_pruebas_evol.htm)

<http://www.geocities.com/krouskey/Espanol/Articu83.htm>

<http://www.araucaria2000.cl/evolucion/evolucion1.php>

## ACTIVIDADES

### 4.1. Visita guiada a la Sección Paleontología del Museo de Historia Natural

Objetivo: Los alumnos se informarán acerca del concepto de restos fósiles y de sus tipos y procesos de formación

Acompañados y guiados por su profesor y los profesores guías de la institución visitada, los alumnos realizan una visita a las dependencias de la sección Paleontología del Museo Nacional de Historia Natural y a su correspondiente sala de exposición. En este sitio observan diferentes tipos de fósiles y se informan acerca de su origen, antigüedad, procesos de formación, conservación y reconstrucción de los correspondientes organismos por parte de los especialistas. Previamente el profesor ha diseñado una guía *ad hoc* considerando el material disponible en el Museo, para que los alumnos completen y contesten.

### 4.2. Elaboración de un modelo de estratificación geológica

Objetivo: Los alumnos se informarán acerca de la relación de los fósiles con la estratificación y el tiempo geológico.

Cada grupo de alumnos elaborará un modelo físico de estratificación. Para ello rellenará un recipiente transparente (por ejemplo, un acuario vacío) con distintos materiales (tiza molida, arena fina, arena gruesa, tierra de hoja, maicillo, greda, papel picado, etc.) dispuestos en capas horizontales superpuestas. En cada estrato irán depositando materiales que representarán distintos fósiles (por ejemplo, trozos de algas, musgos, corteza de árbol, flores, pasto, acículas de pino, conchas de moluscos marinos, conchas de caracoles terrestres, restos de insectos y arañas, partes esqueléticas de peces, aves y mamíferos). Para ubicar estos materiales en los diversos niveles, el profesor les pedirá indagar acerca de las eras y períodos geológicos, su antigüedad, orden de sucesión y su asociación con la aparición de los distintos grupos de organismos. Externamente, por sobre el vidrio o plástico del recipiente, colocarán el rótulo nominando al período correspondiente y su antigüedad.

4.3. Completa las siguientes frases:

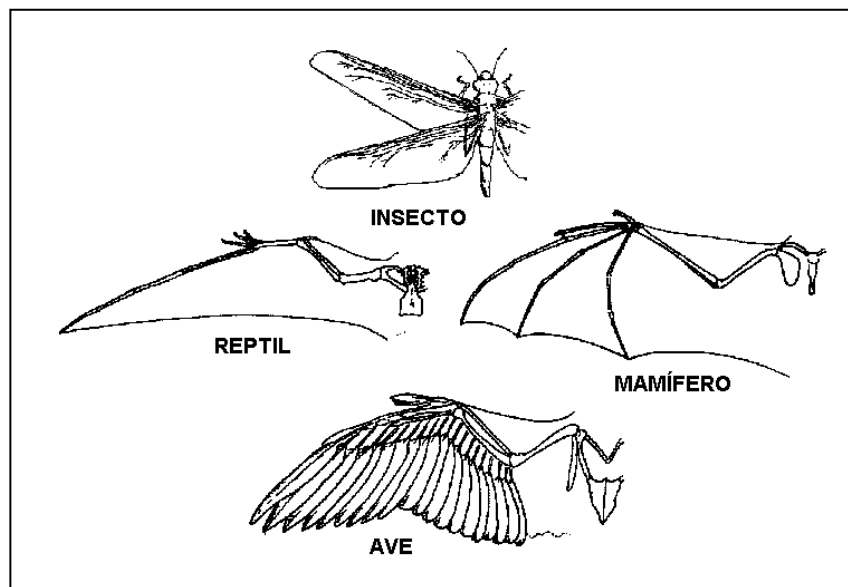
Estructuras con origen embrionario y detalles estructurales similares pero que cumplen funciones diferentes se denominan \_\_\_\_\_ y se deben a la evolución de tipo \_\_\_\_\_

Los órganos \_\_\_\_\_ se encuentran muy reducidos, no cumplen funciones y son restos de antiguos órganos bien desarrollados propios de los antepasados.

Una forma de estudiar la similitud molecular entre distintas especies es mediante la hibridación de sus moléculas de \_\_\_\_\_

Las especies \_\_\_\_\_ son aquellas que están formadas por una serie de subdivisiones poblacionales geográficamente separadas y diferenciadas morfológicamente denominadas \_\_\_\_\_

4.4. Observa las “alas” de diferentes animales voladores (libélula, pterodáctilo, murciélago, albatros) de diversos grupos taxonómicos. a) Descríbelas y discute sus semejanzas y diferencias en relación con la forma, estructuras internas, estructuras de sostén. b) Las alas de la libélula (del filo artrópodos) son órganos análogos a las alas de los otros organismos representados (que son todos del filo cordados). ¿Cómo se deben clasificar entre sí las alas de los otros organismos, como homólogos o como análogos?. Justifica tu respuesta.



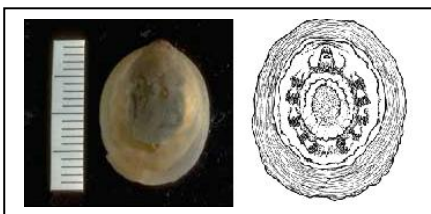
4.5. ¿Qué evidencias en favor de la idea de la evolución biológica entregan el registro fósil y los métodos de estimación de su edad?

4.6. Los onicóforos o peripatos son invertebrados con segmentación interna, órganos excretores pares de tipo nefridio en cada segmento, pared corporal con un saco muscular y cutícula, órganos excretores y sexuales ciliados, caracteres que comparten con los anélidos (lombrices de tierra, sanguijuelas), a los que también se asemejan por la estructura del tubo digestivo, sistema nervioso y apéndices.



Por otra parte, se asemejan a artrópodos (insectos, ciempiés, milpiés) por las garras en sus apéndices, sistema circulatorio abierto con hemocele, respiración traqueal y desarrollo embrionario. a) ¿Qué importancia tienen para la teoría de la evolución?. b) Viven en bosques del Hemisferio Sur: América Central, Sudamérica (incluso Chile), Asia y Australia. ¿Qué indica esta distribución?. c) Durante su desarrollo embrionario, los insectos presentan yemas de extremidades en todos sus segmentos, las de la cabeza originan piezas bucales, las del tórax forman las patas y las del abdomen desaparecen. ¿Qué indica este desarrollo en relación con los onicóforos, ciempiés y milpiés?.

4.7. Los moluscos adultos son muy diferentes a los anélidos, pero en ambos grupos existen especies marinas cuyas larvas son semejantes y reciben el nombre de trocóforas. La característica más típica de los anélidos es su segmentación, los moluscos en general no son segmentados. Hasta 1952 se conocía un grupo de moluscos primitivos, los monoplacóforos, solamente por fósiles. Ese año se descubrió en fondos marinos los monoplacóforos vivientes llamados *Neopilina*.



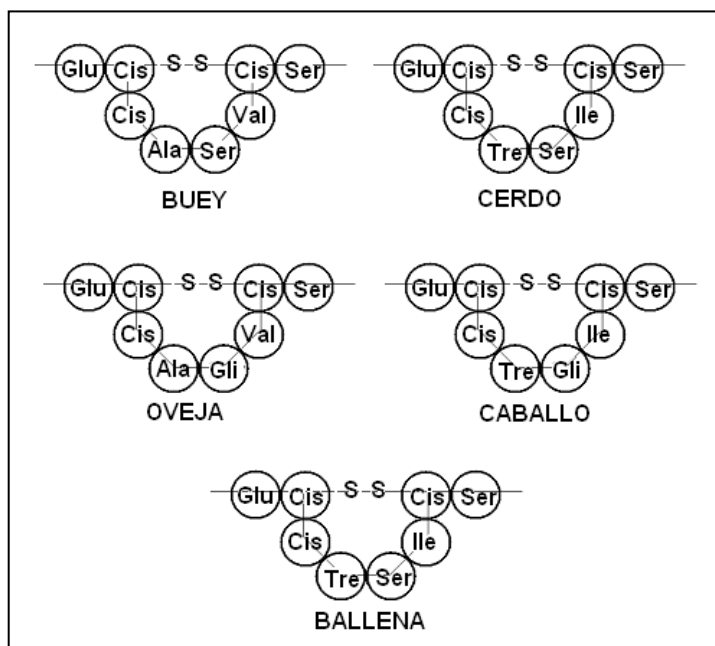
La sorpresa fue mayor al estudiarse sus órganos: *Neopilina* posee estructuras nerviosas, excretoras y circulatorias pares y cuerpo con algún grado de segmentación. ¿Cuál es la importancia de los monoplacóforos para la teoría de la evolución?.

4.8. Los platelmintos son un filo animal acelomado que incluye a tenias y otros gusanos planos. Los anélidos son otro filo, celomado, que incluye a lombrices de tierra y sanguijuelas. Hasta hace algún tiempo se consideraban muy diferentes, pero R. M. Rieger describió en 1980 en *Zoomorphologie* (95:41-84) a gusanos llamados *Lobatocerebrum* y *Jennaria*, con características intermedias entre ambos. ¿Qué importancia tienen estos descubrimientos para la teoría de la evolución?.

4.9. Según la información de las tres últimas preguntas, elabora esquemas que muestren posibles relaciones evolutivas entre los filos zoológicos anélidos, platelmintos, moluscos y artrópodos.

4.10. En diversos libros y folletos ciertos señores, que en general no son biólogos, dicen que no hay pruebas de la macroevolución, y que en particular faltan las formas de transición entre los distintos grupos. ¿Qué les dirías?.

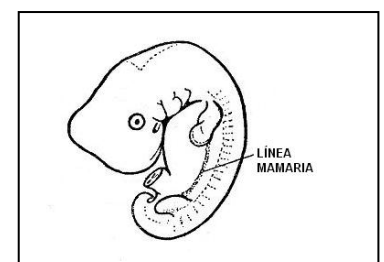
4.11. La molécula de insulina tiene un anillo péptido-disulfídico que varía en distintas especies. Algunas variaciones se ilustran a continuación:

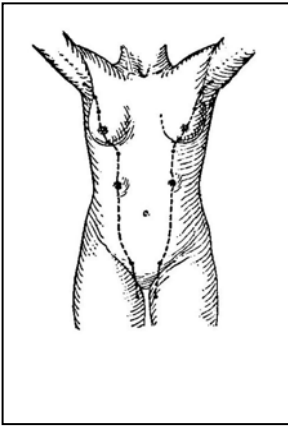


a) ¿Por qué estas variaciones son una evidencia bioquímica a favor de la evolución biológica?. b) ¿Cuál es el origen de las variaciones señaladas?. c) ¿Cuál es la razón de que existan zonas variables y otras invariables?.

4.12. Mamíferos como la gata o la perra poseen gran cantidad de glándulas mamarias en una línea doble ventral, que nutren a su numerosa prole. En seres humanos, que normalmente tienen una sola cría por parto, y ocasionalmente dos o más, existe solamente un par de glándulas mamarias torácicas.

En la quinta semana de vida en el embrión humano aparece un espesamiento desde el brazo a la pierna. Es la línea mamaria, que en algunos mamíferos da origen a numerosas glándulas y en humanos se reduce a un solo punto a cada lado.





A veces nacen personas que desarrollan pequeñas glándulas mamarias accesorias (hipermastia o polimastia) o pezones adicionales (hipertelia o politelia) a lo largo de la línea. a) ¿Qué se deduce de la existencia de la línea mamaria en el embrión humano y de los casos de hipermastia e hipertelia? b) ¿Cuántas crías nacían presumiblemente en cada parto de los lejanos antepasados de la especie humana?

4.13. En Nueva Zelanda hay escasos vertebrados nativos, salvo aves voladoras y murciélagos. Allí vive una rana, posos lagartos, el tuatara y varias aves no voladoras. No hay serpientes, peces dulceacuícolas ni mamíferos terrestres. ¿Cómo se explica esta situación tan particular?

4.14. En la cordillera de la costa y bosques del sur de Chile existen varias especies de árboles del género *Nothofagus* (roble, ñirre, hualo), muchas de ellas endémicas del país. Existen especies del mismo género en Nueva Zelanda y Australia, y se han encontrado restos fósiles en la Antártida. a) ¿Cómo se puede interpretar esta distribución, b) ¿Qué antigüedad aproximada podrá tener este género?. c) ¿Por qué no existen árboles de este grupo en el Hemisferio Norte, en bosques ubicados en zonas con climas similares?

4.15. Gran parte de la clasificación de los organismos que se utilizaba en los tiempos pre-darwinianos han permanecido con pocos cambios después de la introducción de los criterios evolutivos en la clasificación. ¿Por qué?.

4.16. Elabora una Tabla con las diferentes Eras Geológicas con sus correspondientes subdivisiones, rangos de tiempo y tipos de organismos propios de cada una. Incorpora los momentos en que aparecen las principales innovaciones evolutivas: primeros fósiles, aparición de la fotosíntesis, respiración aerobia, primeras células eucarióticas, aparición de la sexualidad y de la pluricelularidad.

4.17. Se acepta que la fosilización es un proceso raro, sin embargo en algunas áreas los fósiles son muy abundantes. ¿Cómo se explica esto?

4.18. Explica cómo los fósiles podrían entregar informaciones relativas a las conductas sociales de especies extinguidas.



4.19. Se supone que cada organismo está adaptado para vivir en el lugar en que se encuentra naturalmente. Si es así, ¿Por qué no existían conejos (*Oryctolagus cuniculus*) silvestres en Chile, antes de que fuesen traídos desde Europa, y actualmente sus poblaciones son exitosas en Chile, donde son plaga y están protegidas en Europa?

Inversamente, los coipos (*Myocastor coypus*), nativos de Chile, están en extinción y protegidos en este país y son exitosas plagas en lugares de Norteamérica y Europa donde han sido introducido?. Explica.



4.20. El registro fósil demuestra que los organismos unicelulares (formados por una célula única) surgieron antes que los pluricelulares. ¿Qué ventajas aporta la pluricelularidad que fue favorecida en diversas líneas evolutivas?

4.21. El registro fósil entrega ejemplos de organismos considerados como “formas transicionales”. a) Menciona tres ejemplos de tales formas. b) Explica la importancia de las formas transicionales como evidencias evolutivas.

4.22. Explica la importancia de los fósiles preservados en ámbar o congelados.

4.23. ¿Cómo se determinan las edades relativas y las edades absolutas de los fósiles?

4.24. Enumera los principales niveles de categorías taxonómicas para el reino animal (ejemplos: orden, clase), desde los que incluyen organismos con relaciones de parentesco más distante a las que incluyen organismos más cercanos evolutivamente.

4.25. Explica cómo la clasificación de un grupo de organismos lleva a la convicción de que todos los subgrupos se encuentran relacionados por la ascendencia de formas comunes.

4.26. Históricamente se han desarrollado numerosos sistemas diferentes de clasificación biológica. ¿Es posible determinar cuál es el correcto o el más correcto?. Explica tu respuesta utilizando un ejemplo de clasificaciones alternativas.

4.27. ¿Qué avances en la biología han permitido confeccionar árboles genealógicos más precisos y confiables que los antiguos?

- 4.28. Para realizar una clasificación evolutiva de los seres vivos. ¿Escogerías caracteres homólogos o caracteres análogos como criterio de agrupación?. Explica.
- 4.29. Averigua y describe las similitudes de un embrión humano con el embrión de otros vertebrados en relación con origen, ubicación y estructura del sistema nervioso, desarrollo del sistema esquelético y formación del aparato circulatorio.
- 4.30. ¿Cómo se diferencian y se interpretan evolutivamente los órganos homólogos y los órganos análogos?. Entrega ejemplos de cada caso.
- 4.31. ¿Por qué se considera que la presencia de huesos pélvicos reducidos en ciertas serpientes, como los pitones, sea una prueba de la evolución?.
- 4.32. Explica las características de los órganos vestigiales o rudimentarios, cómo se interpretan desde el punto de vista de la biología evolutiva y da tres ejemplos.
- 4.33. ¿Cuál es la importancia de la biología molecular en relación a las evidencias que apoyan a la evolución biológica?.
- 4.34. En su “ley biogenética fundamental”, Ernst Haeckel enunció que la “ontogenia” “recapitula” a la “filogenia”. a) ¿Cuál es el significado de estas tres palabras?. b) En que aspectos acertó y en cuáles se equivocó Ernst Haeckel al enunciar su “ley biogenética fundamental?.
- 4.35. ¿Qué evidencias aporta la biogeografía a favor de la evolución biológica?
- 4.36. En las islas son muy frecuentes las especies endémicas, esto es que sólo se encuentran en ese lugar geográfico. También las islas son los sitios en que se producen las mayores tasas de extinción de especies. Discute cuáles pueden ser las causas de estos fenómenos.
- 4.37. Existen evidencias directas y evidencias indirectas del proceso evolutivo. Da ejemplos de cada una de ellas.
- 4.38. Si no hubiese ocurrido la evolución biológica, ¿Cómo esperaríamos que fuese el registro fósil, a diferencia de cómo es realmente?

4.39. Charles Darwin destacó que muchas islas oceánicas muy alejadas de otras tierras, carecen de mamíferos nativos, salvo murciélagos, sin embargo prosperan en ellas los mamíferos introducidos por el hombre, tales como cabras, gatos o ratones, que se asilvestran con facilidad. ¿Por qué este hecho es una evidencia indirecta de la evolución?

4.40. Supongamos que en algunos millones de años desaparezca la especie humana en el planeta. ¿Qué podrá haber sucedido con las poblaciones de cabras, ovejas, perros, gatos y ratones que se encuentran en las islas llevadas por el ser humano?

4.41. ¿Qué explicación y significado evolutivo puede tener el hecho de que existan personas capaces de mover las orejas, personas que nacen con un rudimento de cola o con el cuerpo cubierto de largos pelos?

4.42. Si quisieras estudiar los cambios evolutivos en forma directa, ¿qué organismos elegirías y por qué?

4.43. Averigua cómo actúa la datación mediante potasio-argón y de acuerdo con los antecedentes recogidos explica por qué solo se puede utilizar para datar rocas volcánicas de más de 500.000 años.

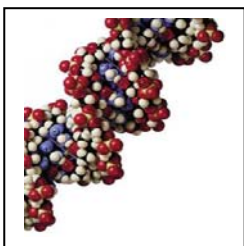
4.44. Describe brevemente los cambios experimentados por los continentes durante los últimos 180 millones de años y explica su importancia para la evolución de las especies.

4.45. En la Cordillera de los Andes de la localidad de Lo Valdés, en la Región Metropolitana de Chile, existen fósiles de moluscos marinos, a 3.000 m. sobre el nivel del mar. a) ¿Cómo se explica que se encuentran en ese lugar y a esa altitud?. b) Averigua que otros yacimientos fosilíferos se encuentran en Chile.

4.46. El siguiente cuadro entrega información taxonómica (clasificación) y bioquímica de 17 especies de animales. El número corresponde a la cantidad de diferencias en los aminoácidos que componen la mioglobina comparada con la mioglobina humana, según información proporcionada por Robert Moss (1999):

ESPECIE	FILO	CLASE	ORDEN	Nº DE AMINOÁCIDOS DISTINTOS
HUMANO	Cordados	Mamíferos	Primates	0
CHIMPANCÉ	Cordados	Mamíferos	Primates	1
CERDO	Cordados	Mamíferos	Artiodáctilos	11
NUTRIA	Cordados	Mamíferos	Carnívoros	15
OTARIO	Cordados	Mamíferos	Carnívoros	19
MARSOPA	Cordados	Mamíferos	Cetáceos	20
CANGURO	Cordados	Mamíferos	Marsupiales	22
BALLENA	Cordados	Mamíferos	Cetáceos	23
ELEFANTE	Cordados	Mamíferos	Proboscidos	23
ORNITORRINCO	Cordados	Mamíferos	Monotremas	24
RATÓN	Cordados	Mamíferos	Roedores	26
GALLINA	Cordados	Aves	Galliformes	36
PINGÜINO	Cordados	Aves	Esfenisciformes	43
ATÚN	Cordados	Osteictios	Perciformes	84
CARPA	Cordados	Osteictios	Cipriniformes	88
TIBURÓN	Cordados	Condriictios	Selaquiiformes	90
LIEBRE DE MAR	Moluscos	Gasterópodos	Anaspídeos	123

Construye un posible árbol genealógico, asumiendo que los organismos que comparten mayor número de niveles de clasificación tienen antepasados comunes más cercanos y que la diferencia en el número de aminoácidos en una misma proteína es aproximadamente proporcional al tiempo de divergencia.



4.47. ¿Por qué el ADN o DNA es una molécula ideal para establecer los grados de afinidad evolutiva entre especies vivientes de diferentes grupos taxonómicos?

4.48. A continuación se entregan secuencias de nucleótidos de trozos equivalentes del gen para la hemoglobina de distintas especies:

HUMANO	GCTGCACTGT	GACAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC
SAPO	GAAGCACCGT	GAGGAACTCC	ACGTGGACCC	TGAAAACCTC
VACA	GCTGCACTGT	GATAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC
CHIMPANCÉ	GCTGCACTGT	GACAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC
GALLINA	ACTGCATTGT	GACAAGCTGC	ATGTGGACCC	CGAGAACTTC
CABRA	GCTGCACTGT	GATAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC

1. Revisa cada columna y subraya los nucleótidos minoritarios dentro de cada posición.
2. ¿Cuáles son las especies más estrechamente similares entre sí?. ¿Coincide esta información con su cercanía en la clasificación basada fundamentalmente en la morfología comparada?
3. Completa el siguiente cuadro con el número de diferencias

	humano	sapo	vaca	chimpancé	gallina
humano	_____	_____	_____	_____	_____
sapo		_____	_____	_____	_____
vaca			_____	_____	_____
chimpancé				_____	_____
gallina					_____
cabra					

4. A partir de la información entregada en el cuadro elabora un posible árbol genealógico.

## MÓDULO NÚMERO 5: ADAPTACIONES Y EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

**PALABRAS CLAVE:** adaptatividad, adaptación filogenética o específica, adaptabilidad, adaptación ontogenética o individual, versatilidad fisiológica, versatilidad conductual, flexibilidad de desarrollo, adaptaciones externas e internas, preadaptación, exaptación, adaptaciones mutuas o correlacionadas, mimetismo batesiano, mimetismo mülleriano.

### LECTURA

La teoría de la evolución biológica explica una de las características más notables de los organismos vivientes: su *adaptación* a diferentes modos y condiciones de vida. Las características más importantes de un organismo son en algún grado adaptaciones para utilizar determinados recursos y ocupar ciertos ambientes de una determinada forma.

Existen diversas clases de adaptación biológica, que en general corresponden a estructuras, conductas o procesos que incrementan la probabilidad de sobrevivencia más eficientemente y la reproducción respecto a sus compañeros en las condiciones ambientales específicas en que viven. Las adaptaciones también permiten invadir nuevos territorios, utilizar nuevos recursos o comenzar a desarrollar nuevas formas de vida. En otros términos, tienen valor de supervivencia.

La palabra “adaptación” se aplica a los procesos del cambio evolutivo mediante selección natural sobre los genotipos poblacionales, así como al resultado de dichos procesos, que puede ser la adaptación permanente e irreversible de los organismos a sus condiciones de vida, o bien las adaptaciones individuales y reversibles a los cambios diarios o estacionales. De modo que en el contexto del mecanismo evolutivo mediante selección natural, el significado de *adaptarse* y de *adaptación* son distintos a los que estas palabras tienen en sentido fisiológico.

Desde el punto de vista del mecanismo evolutivo, la “adaptación” se refiere a los cambios en las poblaciones de organismos que han ocurrido debido a las mutaciones al azar y a la recombinación de genes mediante procesos vinculados con la reproducción sexual, cambios que favorecen la mantención de cierto equilibrio con los requerimientos impuestos por el ambiente.

De acuerdo con la teoría de la selección natural, en las poblaciones ciertos individuos poseen determinados caracteres físicos, de comportamiento, u otros, mediante los cuales están bien adaptados a su ambiente y por lo tanto tienen mayores probabilidades para sobrevivir y dejar descendencia que los que poseen otros atributos físicos, fisiológicos o conductuales menos beneficiosos para desarrollar su forma de vida en el mismo ambiente. Como los sobrevivientes tienen mayor probabilidad de dejar descendientes, transmitirán a las futuras generaciones los genes que se asocian con sus características favorables.

Estas características (adaptaciones) son rasgos hereditarios que naturalmente se encuentran en las poblaciones y que han surgido a través de mutaciones y recombinaciones. En este caso se dice que el organismo está *genéticamente adaptado* a determinadas condiciones estables, su adaptación es irreversible. Por ejemplo, los peces están bien adaptados para la vida en el ambiente acuático: su cuerpo fusiforme, sus branquias, aparato excretor, escamas, etc., los adaptan para esa forma de vida, y están tan bien adaptados que mueren si les saca del agua. Esta propiedad se denomina “*adaptatividad*” y es resultado del proceso de “*adaptación filogenética*” o “*adaptación específica*”. La adaptación filogenética a formas de vida similares en grupos de organismos diferentes es la causa de la pauta evolutiva llamada convergencia y es el origen de la formación de órganos análogos. Por ejemplo la convergencia ictioide observada en la silueta de vertebrados adaptados a la natación rápida: tiburón (pez condricio), ictosaurio (reptil fósil) y delfín (mamífero cetáceo viviente).

Existe otra propiedad relacionada con la adaptación, la “*adaptabilidad*”, por la cual ciertos individuos cambian sus cualidades físicas, fisiológicas, de comportamiento u otras en respuesta a algún cambio en alguna condición ambiental, promoviendo la salud, la supervivencia o la reproducción de los organismos. Se trata de una “*adaptación ontogenética*” o “*adaptación individual*”, que puede ser fisiológica o conductual. Esta adaptabilidad individual también tiene importancia evolutiva. Por ejemplo, si hace mucho calor, una persona suda y aumenta su circulación sanguínea superficial, facilitando la pérdida de calor, de modo que su piel adopta una coloración más rosada. En cambio, si hace mucho frío la misma persona se adapta tiritando y su aspecto es más pálido porque se reduce la circulación sanguínea superficial. Esta forma de adaptación es la *versatilidad fisiológica*, gracias a la cual los individuos cambian adaptándose al cambio ambiental. Lo que se hereda en este caso no es un rasgo fijo, sino la capacidad de cambiar. Si acampamos durante algún tiempo a gran altura, donde el oxígeno es poco abundante, también nos adaptamos fisiológicamente, liberamos grandes cantidades de la hormona eritropoyetina, que estimula una mayor producción y liberación hacia la sangre de eritrocitos, y su menor destrucción.

Al volver a casa, en poco tiempo volvemos a adaptarnos al bajar el número de eritrocitos a la concentración inicial. Un herbívoro puede aprender a evitar a los depredadores debido a una adaptación ontogenética correspondiente a una *versatilidad conductual*.

En válido referirse a estos fenómenos con el nombre de “adaptación” y hablar de ellos en relación con la evolución biológica, porque siendo caracteres determinados genéticamente están sujetos a la selección natural, pero son conceptos diferentes de la adaptación evolutiva a nivel poblacional. La probabilidad de que una población de organismos sobreviva a una cantidad dada de cambio ambiental no depende solo de la adaptabilidad de su sistema genético, sino también está influida por la adaptabilidad de los individuos que comprende la población.

En cierto sentido, las formas de adaptación filogenéticas o poblacionales y las ontogenéticas o individuales son opuestas: si los individuos de una población presentan una alta adaptabilidad a los cambios ambientales, el carácter adaptativo en sí no tiene un fuerte componente genético, por lo tanto la selección natural es poco eficiente; por el contrario, si los individuos son incapaces de adaptarse directamente al cambio ambiental, la selección natural actúa drásticamente y se origina una mayor adaptatividad en la especie.

Para vivir en un ambiente más o menos estable, una buena estrategia es presentar un alto nivel de adaptatividad, las especies altamente especializadas para vivir en ese tipo de ambientes explotan eficazmente un determinado nicho, están favorecidas frente a la competencia con otros organismos. Si el ambiente es cambiante, la adaptabilidad fisiológica es una mejor estrategia de supervivencia individual, y puede ser favorecida también a través de la selección natural. Una especie que disponga de un margen muy estrecho de tolerancia podrá extenderse con dificultad a otras áreas y es difícil que sobreviva a cambios ambientales repentinos.

Entre las adaptaciones de la especie y las individuales existe una gama de posibilidades intermedias. Existen casos de adaptación ontogenética que constituyen la “*flexibilidad de desarrollo*”, que se producen cuando un organismo modifica su estructura luego de trasladarse de hábitat o cambiar sus condiciones de vida. Por ejemplo, en el ser humano se forman callosidades en las palmas como consecuencia de la presión al ejecutar un trabajo manual duro durante un cierto tiempo, y se incrementa el tamaño de sus músculos tras un ejercicio prolongado.



Aunque la adaptación rígida irreversible, la versatilidad fisiológica y el desarrollo flexible son formas diferentes de “adaptación” y tienen diferente significado evolutivo, no siempre se diferencian claramente. Por ejemplo, calamares y pulpos cambian rápidamente de color (versatilidad fisiológica), en cambio las truchas que viven en lugares sombríos de torrentes son más oscuras que las que se encuentran en arroyos poco profundos, y el cambio de hábitat produce un cambio de coloración, pero a mayor plazo (flexibilidad de desarrollo), y otros organismos exhiben una *coloración críptica*, que los confunde con su ambiente habitual, debido a un proceso evolutivo basado en la selección natural que modificó la composición genética de la población y produjo un carácter irreversible, que no se modifica en el individuo.

Las adaptaciones más evidentes son las *externas*, se observan en los caracteres externos de los organismos, por ejemplo la coloración de los animales, las estructuras que participan en la alimentación en relación al tipo de alimento que se consume, las características de los apéndices locomotores en relación con el medio en que se movilizan, las modificaciones de raíces, tallos u hojas en relación con distintas condiciones ambientales, etc.

Existen notables adaptaciones ofensivas-defensivas, tanto en animales como en vegetales (espinas o aguijones, venenos, cubiertas duras). Sin embargo, las adaptaciones no son sólo morfológicas, cada organismo está formado por diversos niveles estructurales (desde el nivel submicroscópico al macroscópico) que interactúan generando funciones o conductas particulares, de manera que aparte de las adaptaciones anatómicas, que son las más evidentes, también existen adaptaciones bioquímicas, fisiológicas y conductuales.

Las adaptaciones *internas* son menos obvias pero son tanto o más importantes que las externas. Si una mutación altera a ciertas moléculas (por ejemplo, cada enzima se “adapta” de acuerdo con su forma a uno o más substratos, adaptación que puede perderse al cambiar de forma), se modifica el equilibrio bioquímico interno o la estructura ultramicroscópica celular de un organismo, éste puede no completar su desarrollo y morir, independientemente del ambiente en que viva.

Hay quienes opinan que un rasgo es *adaptativo* si en la actualidad proporciona una ventaja al organismo, pero es *adaptación* si se originó evolutivamente mediante selección natural en relación con esa función, de manera que según este criterio una determinada característica puede ser adaptativa sin que sea una adaptación, o puede ser una adaptación sin que en la actualidad sea adaptativa, como es el caso de los órganos rudimentarios o vestigiales.

Definiendo la adaptación como un rasgo evolucionado por selección natural en relación con la función actual, se utilizan dos nuevos términos: *preadaptación*, para el rasgo antes del cambio de función, y *exaptación* para el rasgo después de producido el cambio.

Estos fenómenos resuelven el problema teórico del origen de adaptaciones complejas y de los orígenes evolutivos de una nueva estructura, respondiendo a una objeción frecuente de los antievolucionistas: que las estructuras incipientes no habrían podido ser favorecidas por la selección natural sino hasta alcanzar cierto grado de desarrollo, argumento que deriva del error de concebir a la evolución biológica como la conversión de un estado no adaptado o mal adaptado en un estado bien adaptado. La adaptación puede presentarse en diferentes niveles o grados, es una condición relativa, no absoluta, que se define con respecto a otros organismos y en relación a las condiciones ambientales.

Que los seres vivos estén adaptados a su medio les permite vivir en las condiciones de su hábitat, es algo evidente. Un ser humano se ahoga en el agua porque sus pulmones están adaptados para la respiración aérea, en cambio un pez muere fuera del agua porque sus branquias lo están para extraer oxígeno disuelto en el agua. La atención de los biólogos se ha dirigido a notables adaptaciones especiales, con alto grado de eficiencia, que manifiestan relaciones especialmente intrincadas entre los organismos y sus formas de vida.

Charles Darwin se interesó por las adaptaciones de los pájaros carpinteros, que les permite gran eficacia en su alimentación: en sus pies dos dedos están dirigidos hacia atrás, lo que les permite asirse firmemente a los troncos, las plumas caudales son rígidas y con ellas se apoyan firmemente, el pico es largo y fuerte y la lengua muy larga, de modo que hacen agujeros en la corteza y con la lengua extraen las larvas de insectos que les sirven de alimento.

En vegetales también hay adaptaciones notables. Las plantas de desierto tienen hojas reducidas o ausentes, ramas delgadas y superficie lisa, minimizando la pérdida de agua en climas secos y cálidos. Los tallos y brotes laterales de los cactus han asumido las funciones fotosintetizadoras de las hojas, y las reemplazan con una superficie de evaporación relativa mucho menor. En tejidos porosos, el tallo del cacto acumula agua de reserva para las sequías.

Las semillas se dispersan y las poblaciones amplían su dispersión, aumentan su número sin competencia y encuentran lugares favorables. Esto mediante adaptaciones que utilizan factores de dispersión, por ejemplo las semillas del diente de león son arrastradas por el viento por sus apéndices a modo de paracaídas; otras semillas presentan dispositivos para flotar; los frutos coloridos y con olores fragantes atraen a las aves que los comen; las semillas resisten los ácidos gástricos, se depositan lejos y son abonadas por los excrementos; los mamíferos dispersan semillas que quedan enganchadas en la piel. Los casos de adaptación más notables son los de *adaptaciones mutuas o correlacionadas*, en los cuales dos o más organismos diferentes se adaptan mutuamente mediante una coevolución. Un caso notable es el de los huéspedes y sus parásitos. Parásitos intestinales, como las lombrices solitarias o tenias, presentan estructuras especiales de adherencia, estructuras especiales para absorber alimentos predigeridos, para producir un alto número de huevos y escapar de los sistemas defensivos del huésped. Han perdido las funciones y estructuras que no necesitan para su forma de vida, hasta el extremo que han perdido la capacidad de vivir fuera del cuerpo de éste. La selección natural favorece a los parásitos que explotan de mejor forma a sus huéspedes, y simultáneamente a los huéspedes que se defienden mejor de sus parásitos, estableciéndose líneas evolutivas paralelas. Los parásitos más eficaces son los menos deletéreos, porque la eliminación del huésped implica también la del parásito.

Otras adaptaciones correlacionadas son los mimetismos, en los que una especie se asemeja a otra. En el *mimetismo batesiano*, descubierto por Henry Walter Bates, la forma y coloración de especies inofensivas imita a especies peligrosas, de modo que los depredadores las confunden y no las atacan. Las especies miméticas son relativamente escasas en comparación con las imitadas y ambas se mezclan o viven en una misma región.



En el *mimetismo mülleriano*, descubierto por Fritz Müller, especies similares en su aspecto son todas desagradables. Los depredadores jóvenes e inexpertos aprenden a evitarlas mediante ensayo y error, matando y comiéndose a algunos ejemplares, de manera que si las presas nocivas comparten una coloración similar, todas se favorecen, porque se reducen las pérdidas en todas las especies. A diferencia de los imitadores batesianos, los müllerianos pueden ser abundantes. La relativa escasez necesaria en el mimetismo batesiano para que pueda servir como protección (si hay más imitadores que imitados deja de ser eficaz) lleva a otra consecuencia: las especies imitadoras tienden a ser polimórficas (varias formas distintas), imitando a modelos distintos para aumentar sus poblaciones sin sobrepasar el equilibrio, en cambio el mimetismo mülleriano no induce polimorfismo.

No todas las características de los individuos son adaptativas. Existen caracteres no adaptativos por deriva genética, por ser influidos por más de un par de genes, por pleiotropía, por crecimiento alométrico, por ligamiento con genes seleccionados responsables de otras características. Existen caracteres que antiguamente fueron adaptativos y han dejado de serlo, y caracteres no adaptativos derivan de restricciones impuestas por el desarrollo (restricciones ontogenéticas) o por la trayectoria filogenética de la especie (restricciones históricas), o bien son el subproducto colateral de otros procesos. Muchos caracteres beneficiosos no pueden ser considerados adaptaciones porque obedecen a las leyes fisicoquímicas: si un pez volador vuelve al agua está actuando la gravedad y es difícil que una mutación modifique esa situación.

### **BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Walace y Srb (1967); De Beer (1970); Maynard Smith (1970); Jacobs (1971a); Lewontin (1987; 1988); Devillers y Chaline (1993)

### **SITIOS DE INTERNET**

[http://www.iespana.es/natureduca/bio\\_evolution\\_concertada.htm](http://www.iespana.es/natureduca/bio_evolution_concertada.htm)

<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~acg/La%20adaptacion.htm>

[http://es.encarta.msn.com/encyclopedia\\_761567783/Adaptaci%C3%B3n\\_\(biolog%C3%ADa\).html](http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761567783/Adaptaci%C3%B3n_(biolog%C3%ADa).html)

<http://www.mercaba.org/ConFT/adaptacion.htm>

[http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/25/htm/sec\\_5.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/25/htm/sec_5.htm)

## ACTIVIDADES

5.1. El siguiente cuadro muestra un programa de utilización de un insecticida químico sobre cultivos, para controlar una peste agrícola. a) Explica cómo la teoría evolutiva interpreta estos resultados. b) Podrían morir todos los insectos causantes de la peste aplicando varios tipos diferentes de insecticida?. Explica tu respuesta. d) ¿Cuál sería la mejor forma de enfrentar esta plaga, de acuerdo con los principios evolutivos?

TIEMPO (meses)	Promedio de insectos/hectárea
1	58.000
Inicio de la aplicación	
2	15.000
3	18.000
4	25.000
5	36.000
6	40.000
Término de la aplicación	
7	47.000
8	52.000
9	60.000

5.2. Se expuso una cepa bacteriana a una aplicación de un antibiótico. Esquematiza la curva de crecimiento poblacional bacteriana que esperarías, colocando en el eje vertical el número de colonias bacterianas y en el eje horizontal el tiempo en semanas, comenzando el gráfico unas dos semanas antes de la introducción del antibiótico.

5.3. En algunas islas del archipiélago de Galápagos se encuentran cactus rastreros, cuyas flores crecen próximas al suelo, en otras islas estos cactus son arborescentes y tienen las flores distantes del suelo. En islas donde hay cactus rastreros no hay iguanas, en las que hay cactus arborescentes hay iguanas. A partir de esta información y aplicando las ideas sinteticistas, explica el mecanismo que explica cómo se adaptaron los cactus a la presencia de las iguanas.

5.4. Compara las características del mimetismo batesiano con el mimetismo mülleriano en el siguiente Cuadro.

	<b>Caracterís- ticas del imitador</b>	<b>Caracterís- ticas del imitado</b>	<b>Abundancia del imitador</b>	<b>Abundancia del imitado</b>	<b>Monomorfis- mo o polimorfismo</b>
<b>Mimetis- mo Batesiano</b>					
<b>Mimetis- mo Mülleria- no</b>					

Sobre la base del cuadro anterior discute cuál de los mecanismos evolutivos propuestos (explicación neolamarquista, darvinista, mutacionista, sinteticista) explica su surgimiento en forma más convincente y cuáles pueden descartarse.

5.5. La señora María ha usado antiparasitarios para la pediculosis (parasitismo por piojos) adquirida en varias ocasiones por sus cinco hijas y tres nietas. Le comenta a su vecina que los laboratorios que fabrican estos productos cada vez los hacen de menor calidad, puesto que con las niñas menores el control de la situación le ha costado más tiempo y mayores dosis. Si su vecina sabe biología, a) ¿Qué defensa podría hacer de los laboratorios aludidos, b) ¿Qué recomendación de daría a la señora María?.

5.6. En las cajas de crianza de moscas de la fruta (*Drosophila*) nacen ocasionalmente ejemplares con alas cortas y enroscadas (alas vestigiales), carácter hereditario. Estas moscas son incapaces de volar y no sobreviven en la naturaleza, porque son fácilmente capturadas. En islas pequeñas con fuertes vientos, los insectos con alas grandes son fácilmente arrastradas por las corrientes de aire y suelen morir ahogadas en el mar.

a) ¿Qué posibilidades de supervivencia tendrían ejemplares de moscas con alas vestigiales que se originasen en esas islas con pocos depredadores?.

b) A partir de este ejemplo, ¿Qué queremos decir cuando afirmamos que determinado carácter es desfavorable?.

5.7. Se acepta que las mutaciones son el material básico de la evolución biológica. Si es así, ¿Por qué existe escasa o ninguna correlación entre las tasas de mutación y las tasas de evolución?.

5.8. Discute las siguientes afirmaciones: “*los peces que habitan en el interior de las cavernas son ciegos porque viven en la oscuridad*”, “*los peces de las cavernas viven allí porque son ciegos*”, “*las poblaciones de peces que habitan las cavernas han reducido progresivamente los ojos*”. a) Indica cuál de estas afirmaciones es más exacta y por qué. b) Explica cómo pudieron perder su vista los peces que viven en el interior de la cavernas. c) ¿por qué razón los peces ciegos pudieron ser favorecidos frente a los con visión normal en las cavernas?. d) Los peces cavernícolas pertenecen a diversas familias diferentes, tienen en común la reducción de sus ojos y la despigmentación, y en ambos caracteres se diferencian de los otros representantes de sus respectivas familias. ¿En estos casos se manifiesta evolución convergente, divergente o ambas?. Explica.

5.9. Cuando se introdujo el conejo común europeo (*Oryctolagus cuniculus*) en Australia, la falta de depredadores naturales que controlaran su población y su alta tasa reproductiva, hizo que se multiplicara excesivamente y pasó a transformarse en una plaga.

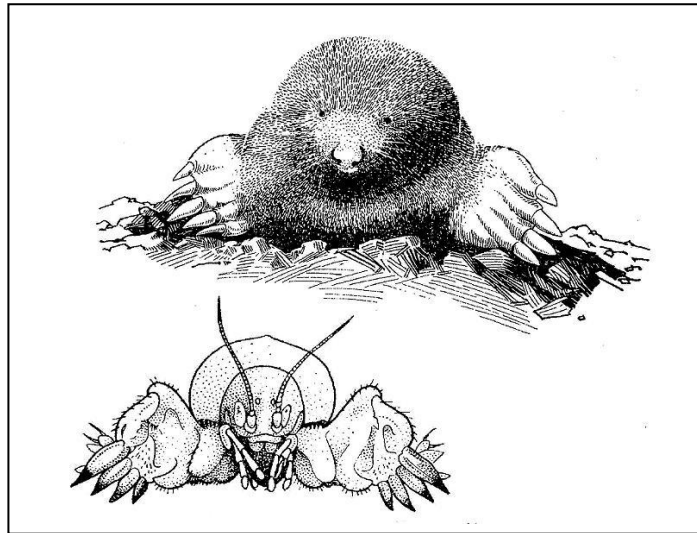


En 1950 se introdujo el virus de la mixomatosis en Australia para controlar la plaga de conejos y se produjo la muerte de más del 90% de éstos. Aunque el virus permaneció en la población, con el tiempo las muertes descendieron drásticamente. Entrega una explicación del fenómeno.

5.10. Las sulfonamidas tuvieron un gran éxito en el tratamiento de la gonorrea, por su acción fulminante sobre la bacteria (gonococo) que produce esta enfermedad. Después de varios años de uso en gran escala, las sulfonamidas se han hecho menos eficientes. Explica el mecanismo que ha producido esta situación.

5.11. ¿De qué manera pueden influir las modificaciones inducidas por el ambiente en los organismos sobre la evolución adaptativa de las poblaciones?

5.12. Observa los siguientes dibujos, de un topo (*Talpa europaea*), mamífero insectívoro, y de un grillo o grillotopo, insecto ortóptero. a) ¿En qué aspecto se asemejan superficialmente más entre sí que el topo con otros mamíferos insectívoros y que el grillotopo con otros insectos ortópteros?. Describe tal característica. b) ¿A que forma de vida están adaptados ambas clases de animales de acuerdo con sus características comunes?. c) ¿Cómo se denomina este fenómeno evolutivo?. d) ¿Que nombre recibe el tipo de órganos que se asemejan entre sí pero se encuentran en especies muy lejanas en su clasificación, como en este caso?



5.13. Los mamíferos de las islas suelen ser de menores dimensiones que sus parientes cercanos del continente, por ejemplo los actualmente extintos elefantes de las islas mediterráneas, mamuts enanos de la isla de Santa Rosa y de Cerdeña, el hipopótamo enano de Chipre e hipopótamo pigmeo de Madagascar, y los actuales búfalos enanos de Célebes, los ciervos de cola blanca de los Cayos de Florida, los tigres de Sumatra, Java y Bali, etc. Por el contrario, en las islas suelen existir reptiles de grandes dimensiones, a veces considerados gigantes, como las tortugas de Galápagos, las tortugas gigantes Aldabra, las iguanas terrestres y marinas de Islas Galápagos y los “dragones” de tres metros, de Komodo e islas vecinas. Elabore una explicación evolutiva adaptativa (una pista: los mamíferos son animales de sangre caliente y los reptiles son de sangre fría).

5.14. Muchas plantas y animales venenosos presentan colores fuertes y llamativos. ¿Cómo pudieron surgir estas pautas de coloración?. Elabora una hipótesis y explica cómo someterla a prueba.

5.15. Las personas que soportan intensa radiación solar, en los trópicos, playas o nieve, se adaptan porque los melanocitos de su piel sintetizan abundante melanina. a) ¿De qué tipo de adaptación se trata?. Caracterízala. b) ¿Cómo explican el neolamarquismo y el neodarwinismo esta adaptación?. c) Si familias africanas de piel oscura se radican en Suecia y forman un grupo cerrado en el que tienen hijos entre ellos, ¿Cómo será la coloración de la piel en las siguientes tres generaciones de descendientes?. ¿Cómo esperamos que sea la coloración de la piel de sus descendientes en 500 años más?. Explica. La radiación solar intensa induce cáncer a la piel, la alta de radiación solar sobre la piel induce raquitismo por falta de síntesis de vitamina D. Considera ambos factores en un modelo evolutivo que explique las diferencias en la pigmentación humana en diferentes zonas de la Tierra.



5.16. Los vampiros (*Desmodus rotundus*) están adaptados para alimentarse de sangre: sus incisivos superiores y sus caninos son largos y comprimidos con puntas agudas, la saliva posee una sustancia anticoagulante, el aparato renal puede concentrar altos niveles de urea derivada de la hemoglobina.



La mayoría de los murciélagos se alimentan de insectos. Se sugirió que los ancestros de los vampiros pudieron comenzar su adaptación alimentaria hematófaga capturando nubes de mosquitos hinchados con sangre recién succionada. A partir de esta idea diseña un modelo evolutivo que explique la evolución de los vampiros.

5.17. El biólogo MacAtee afirmó que las supuestas coloraciones crípticas de ciertos insectos, que aparentemente los oculta de los depredadores, carecen de valor adaptativo. Basó esta afirmación en un estudio del contenido gástrico de los pájaros, en el que se demostró que los pájaros comen muchos insectos que tienen ese tipo de coloración. a) ¿Es válida la conclusión de MacAtee en relación con la selección natural?. Justifica. b) Diseña un experimento y un método estadístico aplicado al mismo que permitan someter a prueba la afirmación de MacAtee. Otros argumentan que puesto que muchos animales sobreviven sin tener coloración protectora, tal coloración no es adaptativa. c) ¿Cuál es el error del argumento?.

5.18. Los roedores saltadores llamados “gerbos” (de la familia dipódidos) tienen las patas anteriores cortas, las posteriores largas, grandes orejas y cola terminada en un mechón de pelos. Excretan orina altamente concentrada. Las hembras tienen un corto período de preñez y amamantan a sus crías solo hasta los 24 días después del nacimiento. a) Explica dos características físicas del ambiente en que viven los gerbos, a juzgar por estas adaptaciones. b) Indica cuáles de las siguientes adaptaciones son estructurales, fisiológicas o conductuales, y cómo pueden ayudar a los gerbos a vivir en su ambiente: alimentación nocturna, orejas grandes, preñez corta, orina concentrada.

5.19. Explica el gran valor adaptativo de la sexualidad para las especies.

5.20. ¿Por qué es incorrecto decir que el ambiente es la causa de la adaptación de los organismos para que puedan vivir mejor?.

5.21. Explica las diferencias de las adaptaciones internas de las adaptaciones externas, y la importancia de cada uno de estos tipos.



5.22. Los koalas (*Phascolarctos cinereus*) son marsupiales australianos muy adaptados a condiciones especializadas de vida en bosques de eucaliptos. Se alimentan solo de las hojas de ciertas variedades de estos árboles, sujetándose a los troncos con sus dedos en forma de tenaza.

En las mismas zonas viven marsupiales pequeños menos especializados que se alimentan de diversos alimentos. Si se mantienen los bosques de eucaliptos las poblaciones de koalas no tendrán problemas de supervivencia, pero si los eucaliptos se extinguieran los koalas seguirían inexorablemente el mismo destino. En tal caso, los otros pequeños marsupiales podrían adaptarse a los cambios ambientales modificando su dieta, lo que para los koalas es imposible. a) Hemos dicho que los koalas están *altamente adaptados* y que los otros pequeños marsupiales *podrían adaptarse*. ¿Cómo se denominan estas dos diferentes clases de adaptación biológica?. b) ¿Bajo qué condiciones es preferible una u otra de estas clases de adaptación?.

5.23. Las zorras del ártico (*Alopex lagopus*) presentan orejas y patas cortas, en cambio las zorras del desierto africano (*Fennecus zerda*) tienen enormes orejas triangulares y patas relativamente altas. a) ¿existe alguna explicación que indique que se trata de adaptaciones para climas muy diferentes?. b) Señala el mecanismo evolutivo causante de las diferencias.



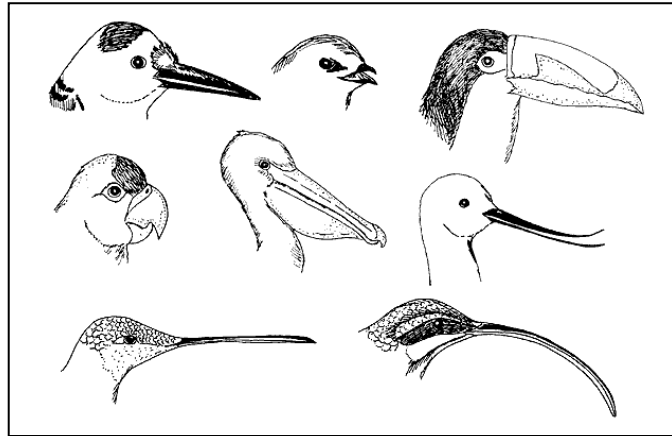
5.24. La competencia entre los individuos de una misma especie presenta ciertas desventajas para la propia especie, por lo cual debemos esperar que la selección natural favorezca la aparición de mecanismos que la reduzcan. ¿Qué mecanismos adaptativos pueden reducir la competencia intraespecífica?.

5.25. En especies formadas por varias subespecies distribuidas en varias zonas climáticas, generalmente los individuos de las subespecies de las regiones frías son de mayores dimensiones corporales que las de zonas cálidas. ¿Cuál es la razón adaptativa que lo explica?.

5.26. Explica por qué la selección natural no produce poblaciones en las que todos los individuos sean idénticos y perfectamente adaptados a su ambiente.

5.27. En California, Estados Unidos, y centro de Chile, se encuentran formaciones vegetacionales con aspecto similar, el llamado chaparral californiano y el matorral centrochileno. Si bien la apariencia de los arbustos presentes en ambas zonas es superficialmente muy similar, la composición en especies es diferente. ¿Qué tipo de proceso evolutivo produjo estas similitudes?

5.28. Las siguientes ilustraciones muestran la cabeza de varias aves vivientes.



1. Define sus formas de alimentación a partir de las características del pico.
2. ¿Pueden dos aves que comen una misma clase de alimento mostrar adaptaciones alimentarias diferentes?. Explica.
3. ¿Cómo se puede explicar que a partir de un ave ancestral han podido diferenciarse todas estas modificaciones?.

5.29. Describe las adaptaciones externas morfológicas de los peces les permite vivir eficientemente en el medio acuático.

5.30. Explica en qué consiste una preadaptación y cómo este fenómeno interviene en los grandes cambios evolutivos.

5.31. ¿Qué ventajas adaptativas podrían explicar el origen evolutivo de flores y frutos en los vegetales?

5.32. Para una especie venenosa ¿es preferible tener un imitador batesiano o mülleriano?. Explica.

5.33. Alguien afirma que los antibióticos inducen mutaciones en las bacterias y el DDT provoca mutaciones en los insectos. Otra persona dice que las bacterias se acostumbran a los antibióticos y los insectos se acostumbran al DDT. Aplicando tus conocimientos de biología, entrega la explicación correcta de estos fenómenos.

5.34. Darwin explicó la coevolución de algunos insectos y las flores que polinizan. Explica cómo podría haber actuado la selección natural en este proceso evolutivo.

5.35. En 1959, D. B. Dunn publicó un estudio en la revista *Ecology* (40, págs. 621-625) en el que demuestra que los altramuces (*Lupinus*) de las zonas urbanas de Los Ángeles son mucho más resistentes al smog que los de zonas costeras no contaminadas. a) ¿Cómo se puede explicar esta observación?. b) ¿Qué interés teórico tiene?

## MÓDULO NÚMERO 6: LA ESPECIE BIOLÓGICA Y LOS MECANISMOS DE ESPECIACIÓN

**PALABRAS CLAVE:** concepto tipológico o morfológico de especie (morfoespecie), concepto nominalista o artificial de especie, especie adimensional, concepto fenético de especie, dimorfismo sexual polimorfismo concepto multidimensional o reproductivo de especie (bioespecie), reservorio o fondo génico, cronoespecies o paleoespecies, agamospecies o pseudoespecies, especie evolutiva, definición ecológica de especie, concepto filogenético de especie, definición de especie mediante reconocimiento, definición de especie por cohesión, concepto pluralista de especie, subespecies, aislamiento reproductivo, especies gemelas o cripticas, aislamiento precigótico, aislamiento postcigótico, especiación filética, especiación alopátrida o vicariante, especiación peripátrida o por aislamiento periférico, especiación simpátrida, especiación parapátrida.

### LECTURA

No podemos ocuparnos del problema del origen de las especies, si no tenemos primero una idea clara de lo que es una especie. Según Ernst Mayr, gran parte de las confusiones que se encuentran en la literatura sobre el “problema de la especie” se debe a que se suelen confundir bajo el mismo término, “especie”, tres significados: el *concepto* de especie (su significado biológico o definición), la *categoría* especie como nivel concreto de la taxonomía linneana, y el *taxón* especie, es decir el caso individual concreto que debe ajustarse a la definición de especie, pero sólo se puede describir o delimitar no definir.

De acuerdo con las ideas fijistas, la especie se concebía como una “*unidad de creación*” inmutable, como un conjunto de organismos iguales en todos los detalles, puesto que de acuerdo con su idea platónica esencialista, reproducen un modelo primitivo ideal abstracto (arquetipo) de creación divina.

A partir de esta misma idea, algunos biólogos desarrollaron el *concepto tipológico o morfológico de especie (morfoespecie)*, de acuerdo con el cual cada especie estaría representada por un tipo con el cual concuerdan. Por ejemplo, para Alexis Jordan solamente los organismos que tienen rigurosamente los mismos caracteres podían considerarse como pertenecientes a una misma especie.

De acuerdo con el concepto tipológico de especie, las variaciones individuales con respecto al tipo serían imperfecciones y por lo tanto no debían considerarse.

Este concepto, estático, incluía cuatro características principales: conjunto de organismos similares poseedores de una “esencia” común, separados de otras especies por una clara discontinuidad de características, constantes espacial y temporalmente, y variación limitada. Algunos naturalistas antiguos, incluyendo a Jean Lamarck, a Charles Lyell y a Charles Darwin, en la época en que escribió “*El origen de las especies*”, manifestaron una posición “*nominalista*” o “*artificial*” respecto al concepto de especie biológica, es decir, consideraron que la especie carece de realidad biológica, sería un nombre aplicado arbitrariamente a un conjunto de organismos por parte de personas que agruparon a ciertos organismos bajo un nombre.

Los naturalistas de campo descubrieron que entre diversos individuos en el interior de alguna especie existe a menudo una gran variedad de caracteres, y a veces numerosas mutaciones e híbridos hacen imposible delimitar claramente a las especies similares. Poco a poco, los naturalistas locales desarrollaron un nuevo concepto de especie, según el cual las especies que viven en un área geográfica común (simpátridas) en un mismo tiempo (sincrónicas) están separadas por una discontinuidad, constituyendo cada una de ellas un sistema genético, conductual y ecológico aislado, llamado *especie adimensional*. Actualmente se acepta que las especies tienen una existencia real en la naturaleza (posición realista). Lo que es menos claro es en qué consiste realmente una especie. Pocas cuestiones de biología evolutiva parecen tan sencillas y son, sin embargo, tan complicadas como definir exactamente qué es una especie. El llamado “*problema de las especies*” en biología está lleno de dificultades. La escuela taxonómica de taxonomía numérica utiliza el *concepto fenético de especie*, derivado de la morfoespecie, que considera un conjunto amplio de caracteres morfológicos y algún grado de similaridad entre ellos medida por una estadística de distancia.

Los naturalistas concluyeron que la similitud morfológica no siempre sirve para separar especies. Existen organismos en los cuales machos y hembras son muy diferentes (*dimorfismo sexual*) o con individuos pertenecientes a varias clases morfológicas (*polimorfismo*).

Los lebreles, chiguagüños, San Bernardos y pekineses pertenecen a la especie de perros domésticos (*Canis familiaris*). Se consideran una sola especie porque pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fecunda. De aquí surge el *concepto multidimensional o reproductivo de especie (bioespecie)*: comunidad reproductiva de poblaciones que ocupa un nicho. El criterio definitivo es el aislamiento reproductivo respecto a otras similares mediante barreras fisiológicas o conductuales.

La teoría sinteticista popularizó el concepto biológico de especie, que enfatiza el nivel poblacional, aislamiento reproductivo y comunidad de genes (“*reservorio o fondo génico*”). Para el sinteticismo las especies son reales, están formadas por grupos de individuos potencialmente interfecundos que originan descendencia fértil, comparten un reservorio génico común y están reproductivamente aisladas de otros grupos. Se afirma que el número cromosómico es característico y distintivo de cada especie, pero ello no es tan riguroso. Por ejemplo, el número normal de cromosomas del ratón casero (*Mus musculus*) es 40, pero en Milán, Italia, existe una población con solo 24. En Kairouan, Túnez, existe una raza de ratones caseros con 22 cromosomas que rara vez se hibrida con los de 40, por lo tanto está en proceso de originar una especie, que será válida cuando se aisle reproductivamente.

El concepto de bioespecie presenta dificultades. Las barreras reproductivas pueden determinarse en poblaciones que ocupan las mismas zonas geográficas, pero hay limitaciones prácticas para establecer si hay o no tales barreras entre poblaciones similares que ocupan zonas geográficas separadas. Aunque fuese posible realizar cruzamientos entre organismos de estas últimas poblaciones, es arbitraria la decisión de considerarlas como una o varias especies, porque los resultados de múltiples cruzamientos pueden variar desde la inexistencia de intercambio genético hasta un amplio abanico de intercambios.

A los botánicos les es difícil aceptar el concepto de bioespecie porque en los vegetales la efectividad del aislamiento reproductivo es menor que en los animales, por varias razones: alta frecuencia de poliploidía y apomixis, inexistencia de cortejo, que en los animales crea barreras, frecuencia de autofecundación, menor complejidad de desarrollo y mayor longevidad y vigor vegetativo.

Las dificultades son mayores si se considera la dimensión temporal a través del registro fósil y la existencia de linajes que se reproducen solo asexualmente, casos en los que el concepto de bioespecie no se puede aplicar. Se denominan *cronoespecies* o *paleoespecies* aquellas que se intergradan formando series cronológicas, cuya capacidad de intercambio de genes no puede examinarse. Los organismos asexuales, que se reproducen vegetativamente, por fisión o por partenogénesis, están formadas por clones aislados genéticamente, que pueden considerarse como un tipo especial de especie o no se les atribuye el carácter de verdaderas especies, denominándoseles agamospecies o pseudoespecies.

Algunos paleontólogos desarrollaron el concepto de *especie evolutiva*, que incluye tanto a las bioespecies como a las cronoespecies y a las agamo-especies. Lo básico sería el aislamiento evolutivo, del cual el aislamiento reproductivo es un aspecto, la separación o distancia evolutiva sería la responsable de diferencias ecológicas, conductuales, genéticas o morfológicas. De acuerdo con la definición de especie evolutiva entregada por George Gaylord Simpson “*una especie evolutiva es un linaje (secuencia de poblaciones ancestrales-descendientes), que evolucionan separadamente de otros y que tiene su propio papel evolutivo unitario y sus propias tendencias*”. E. O. Wiley propuso una variante de esta definición: “*una especie es un simple linaje de poblaciones ancestrales y descendientes, que mantienen su identidad de otros de tales linajes y que tienen sus propias tendencias evolutivas y su historia*”.

L. Van Valen propuso una *definición ecológica de especie biológica*, considerando que las características de todo organismo lo adaptan para utilizar determinados recursos y ocupar cierto hábitat. De acuerdo con este concepto, las poblaciones forman agrupaciones fenotípicas discretas que llamamos especies porque los procesos evolutivos y ecológicos controlan la división de recursos que producen estas agrupaciones. Muchos taxonomistas adoptaron el *concepto filogenético de especie*, de acuerdo con el cual surge una nueva especie al surgir en una población un nuevo carácter derivado común, pero si se sigue el concepto filogenético, debería decidirse sobre cuánta variación genética debe acumularse para reconocer especies diferentes, lo cual no es claro. La *definición mediante reconocimiento*, propuesta por Hugh E. H. Paterson, plantea que la especie es “*la población más incluyente de organismos individuales parentales que comparten un sistema común de fertilización*”. Según Paterson, esta definición tiene una ventaja práctica, porque el sistema de reconocimiento genético es más fácil de observar que la capacidad de entrecruzamiento genético, usualmente inferido indirectamente. La *definición por cohesión*, propuesta por A. R. Templeton, sugiere que la especie es “*la población más incluyente de individuos que tienen el potencial de cohesión fenotípica a través de mecanismos intrínsecos de cohesión*”. Los mecanismos de cohesión referidos promueven la identidad genética, por ejemplo aislamiento, ascendencia común, selección natural.

No es posible formular una definición que cubra todos los casos posibles. Algunos autores han planteado un *concepto pluralista de especie*, según el cual en la naturaleza existirían diferentes tipos de especies biológicas, según sus características evolutivas particulares, algunas especies podrían ser más ecológicas, otras más reproductivas, según la influencia de factores como la selección natural y el flujo génico, que pueden tener importancia relativa diferente en poblaciones distintas.



El concepto de especie evolutiva no es fácilmente aplicable, y no resuelve los problemas para los que fue creado, no permite determinar en qué momento empieza una nueva especie temporalmente, no aclara el “*papel evolutivo unitario*” ni las “*tendencias evolutivas*”, no explica por qué las líneas filogenéticas se mantienen separadas, y puede aplicarse a cualquier población aislada. Por ello, en la práctica se utiliza el concepto tradicional de bioespecie, con todos sus inconvenientes teóricos.

La mayoría de las especies de animales y plantas superiores están constituidas por muchas poblaciones que difieren entre sí en sus propiedades adaptativas y características visibles, pero que varían gradualmente en ambientes intermedios. Estas generalmente se conocen como razas; las que se reconocen con mayor facilidad se llaman *subespecies*. Cuando se cruzan, las razas y subespecies forman híbridos completamente fértiles y difieren unas de otras en un gran número de genes. Bajo ciertas condiciones, pueden permanecer como razas distintas durante millones de años sin evolucionar hasta alcanzar el estado de especies distintas. Las especies distintas pueden reconocerse más fácilmente cuando coexisten en una misma área, (es decir, son sincrónicas y simpátricas) y mantienen su identidad porque no intercambian genes entre sí, o bien lo hacen en forma muy limitada (como hemos señalado, criterio inaplicable a las especies que se reproducen solamente en forma asexual ni a las especies conocidas solamente por el registro fósil). Esto es porque se encuentran separadas por varias clases de mecanismos de *aislamiento reproductivo*. El suceso clave durante los procesos de especiación es la aparición de estas barreras que impiden el flujo génico entre dos segmentos de una población preexistente, hasta que llega un momento en que terminan por formarse dos poblaciones reproductivamente aisladas, a la vez que se acumulan las diferencias fenéticas, conductuales o ecológicas.

Los mecanismos de aislamiento reproductivo entre las especies, pueden impedir que los híbridos se formen en la naturaleza, o bien pueden provocar la muerte o la esterilidad de los híbridos interespecíficos. Aún aquellas especies de parentesco muy cercano se encuentran habitualmente separadas por diversos mecanismos de aislamiento, cada uno de los cuales tiene su origen en la acción de muchos genes distintos. Esto demuestra que los mecanismos de aislamiento eficientes evolucionan mediante la acumulación de muchas diferencias genéticas especiales. En algunos casos, estas diferencias afectan muy poco la apariencia exterior del organismo, de modo que existen especies muy bien aisladas que tienen un gran parecido en su morfología externa. Estas se llaman *especies gemelas* o *especies crípticas*.

Los mecanismos de aislamiento, que impiden el intercambio de genes, tienen su origen en las mutaciones, la recombinación y la selección natural de diferencias específicas. Cuando el aislamiento de dos especies simpátricas es fuerte pero no absoluto, la selección natural puede operar para fortalecer los mecanismos de aislamiento. La divergencia de los mecanismos de aislamiento reproductivo tiene pocas probabilidades de desarrollo a menos que las poblaciones estén desde un comienzo aisladas especialmente, por lo menos en un grado mínimo. En las regiones inestables, donde el ambiente cambia rápidamente, los mecanismos de aislamiento generalmente tienen un desarrollo más débil que en las regiones donde el ambiente ha permanecido estable durante largos períodos.

Los mecanismos de aislamiento reproductivo se clasifican en *precigóticos*, aquellos que intervienen antes de que pueda formarse un cigoto, impidiendo la fecundación, y *postcigóticos*, que no impiden la fecundación, aparecen después de ésta. Existen varios mecanismos en cada uno de estos dos tipos generales, y en un caso particular pueden operar simultáneamente varios de ellos:

#### **Aislamiento precigótico:**

**Aislamiento ecológico o de hábitat:** las poblaciones ocupan el mismo territorio pero habitan en hábitats diferentes, por lo tanto no entran en contacto y no se hibridan.

**Aislamiento temporal o estacional:** la reproducción de ambas poblaciones se produce en estaciones del año distintas, o bien son activos en distintos momentos del día, por lo tanto no entran en contacto.

**Aislamiento etológico o conductual:** la atracción sexual entre machos y hembras de poblaciones distintas es débil o inexistente debido a diferencias de comportamiento durante el cortejo.

**Aislamiento mecánico o morfológico:** el apareamiento de los animales o la polinización de las flores es imposible debido a incompatibilidades estructurales o dimensionales.

**Aislamiento fisiológico o gamético:** los gametos masculinos y femeninos de las dos poblaciones no se atraen, o no se reconocen o bien los gametos masculinos resultan inviables al ser depositados en las estructuras femeninas.

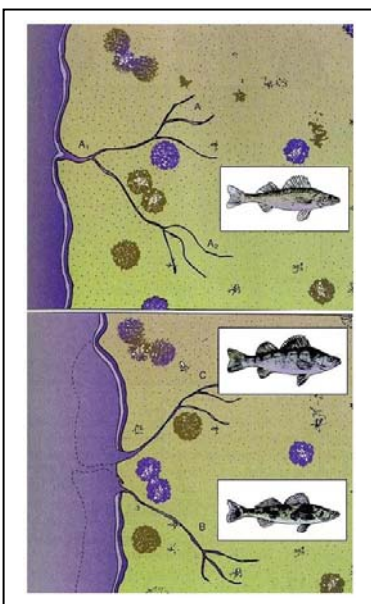
### Aislamiento postcigótico:

Inviabilidad de los híbridos: no se desarrollan los cigotos híbridos o bien los híbridos son débiles y mueren en forma prematura.

Esterilidad de los híbridos: los organismos resultantes son incapaces de reproducirse por no producir gametos funcionales. La esterilidad puede deberse a la interacción entre genes de ambos orígenes o a interacciones entre el citoplasma de un progenitor y los cromosomas del otro.

Degradación de los híbridos: la descendencia de ambas poblaciones en la primera generación es normal, pero en las siguientes generaciones presentan una viabilidad o fertilidad reducida, incluyendo muchos individuos débiles o estériles.

La forma en que ocurre la especiación ha sido muy discutida, se han propuesto varios modelos diferentes. Los paleontólogos partidarios del gradualismo filético plantearon la posibilidad de que a través del tiempo dentro de un solo linaje, sin dividirse, una especie se transforme gradualmente en otra, lo cual correspondería a una *especiación filética*, responsable de sucesivas *cronoespecies*. Sin embargo, hay quienes niegan que se trate de especies verdaderas, puesto que no hay un límite objetivo entre ellas, y descartan que las llamadas cronoespecies sean realmente especies válidas. Según este criterio, para que aparezca una nueva especie debió haber ocurrido aislamiento reproductivo en algún momento. Clasificados desde el punto de vista de la relación geográfica entre las poblaciones originales, se reconocen los siguientes tipos principales:



*Especiación alopátrida o vicariante:* Es una forma común. La nueva especie se forma en un área geográficamente aislada del área de distribución de la especie ancestral. Aparece una barrera geográfica (cadena montañosa, cuenca fluvial, brazo de mar; etc.) que interrumpe el flujo génico, y evolucionan genotipos distintos en ambas subpoblaciones, por los azares de la mutación y la deriva genética o porque la selección favorece caracteres distintos en una y otra. Si la barrera desaparece, pueden haberse desarrollado mecanismos de aislamiento reproductivo que impidan la reunificación de las poblaciones, se habrá completado la especiación.

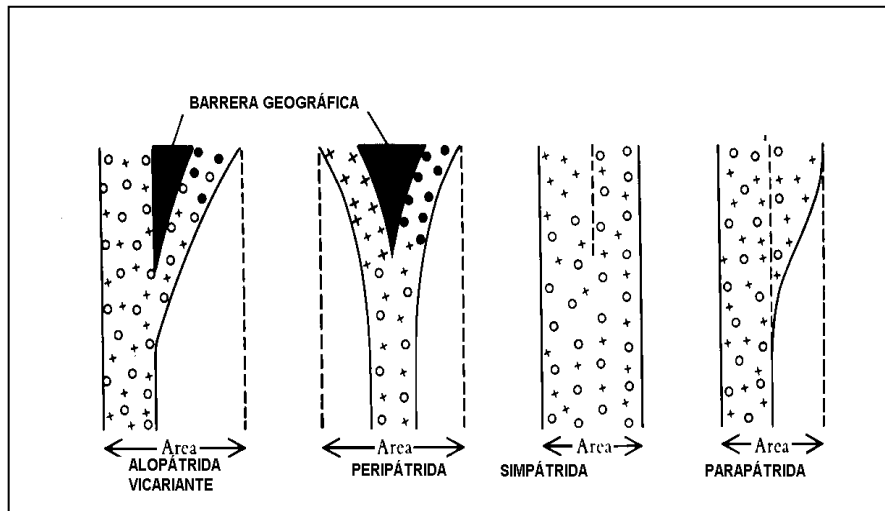
*Especiación peripátrida o por aislamiento periférico:* Se aísla una población pequeña en el borde del área de distribución de la especie ancestral, a partir de lo cual se repiten los acontecimientos señalados para la especiación alopátrida. Puede ser común, pues es físicamente más probable el aislamiento de una población pequeña y marginal que la subdivisión completa del área de distribución, y porque es más fácil que las poblaciones marginales se encuentren genéticamente diferenciadas por adaptación a las condiciones locales o reducción del flujo génico. El hecho de que las poblaciones periféricas sean pequeñas puede también acelerar la especiación mediante fenómenos de deriva génica que se añaden a las presiones de selección.

*Especiación simpátrida:* se origina la nueva especie en el área de distribución de la especie ancestral. Ocurre instantáneamente al formarse híbridos interespecíficos que se reproducen por partenogénesis, o al surgir mutantes cromosómicas en líneas partenogénicas vegetales. Por ejemplo, en una planta diploide común la aparición de autotetraploides impide la meiosis porque entran a la sinapsis en forma anormal los cuatro homólogos de cada grupo, la planta se sigue reproduciendo asexualmente, pero los híbridos vuelven a ser fértiles al aumentar espontáneamente el número cromosómico.

También se ha propuesto para casos específicos, en particular insectos frugívoros. Si los recursos son limitantes, la eficacia biológica aumentará, si tras un cambio de hospedador a una nueva especie de frutal, por ejemplo, las sucesivas generaciones se aparean entre sí y depositan las puestas sobre los frutos de la especie en que nacieron. Con el tiempo, las diferencias genéticas pueden acumularse por adaptación a las características del hospedador. Aparentemente está teniendo lugar en dípteros parásitos de frutales. Salvo en vegetales, la especiación simpátrida debe tener una importancia reducida. Se le cuestiona por no originar sino razas, que se fusionan al restablecerse el contacto, o por ser indistinguible de una especiación alopátrida a pequeña escala (por ejemplo, aislamiento espacial a escala del parásito).

*Especiación parapátrida:* ocurre en poblaciones geográficamente contiguas, sin que llegue a existir separación entre ellas. Una especie adaptada a su área de distribución original se expande a un área adyacente atravesando una frontera brusca. Las poblaciones a cada lado de la frontera acumulan genes distintos por efecto de presiones de selección, hasta formarse una zona con híbridos entre las formas incipientemente diferenciadas (zona híbrida de contacto primario).

A partir entonces intervienen mecanismos de refuerzo mediante los cuales la selección natural termina por imponer el aislamiento reproductivo, lo que requiere que haya selección contra los híbridos y que exista suficiente variación genética en las preferencias de apareamiento para que dicha selección pueda actuar. El refuerzo debe ser suficientemente rápido para impedir que el flujo génico llegue a homogeneizar los genotipos o que la selección en contra de los híbridos termine por eliminar el genotipo menos frecuente.



### BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Simpson (1961a); Mayr (1968); Cain (1970); Mettler y Gregg (1972); Van Valen (1976); Paterson (1985); Templeton (1989), Dupré (1992)

### SITIOS DE INTERNET

<http://www.talkorigins.org/faqs/faq-speciation.html>

<http://evolutionibus.eresmas.net/aislamiento.html>

<http://enciclopedia.us.es/wiki.phtml?title=Especiaci%F3n>

<http://www.terra.es/personal7/jjdeharo/sistematica/curso/s2.htm>

<http://www.cichlidae.com/articles/a039-es.html>

## ACTIVIDADES

6.1. Elabora un mapa conceptual en el que se relacionen los siguientes conceptos: agamospecies, aislamiento postcigótico, aislamiento precigótico, aislamiento reproductivo, cronoespecies, dimorfismo sexual, especie evolutiva, especiación alopátrida, especiación parapátrida, especiación peripátrida, especiación simpátrida, especies gemelas, polimorfismo, reconocimiento, reservorio génico, subespecies. Coloca las palabras adecuadas necesarias para unir los conceptos. Recuerda que para elaborar un mapa conceptual se deben colocar los conceptos en orden desde lo más general a lo específico, creando ramificaciones mediante líneas que indican relaciones y colocando sobre las líneas las palabras que indican el tipo de relación entre conceptos.

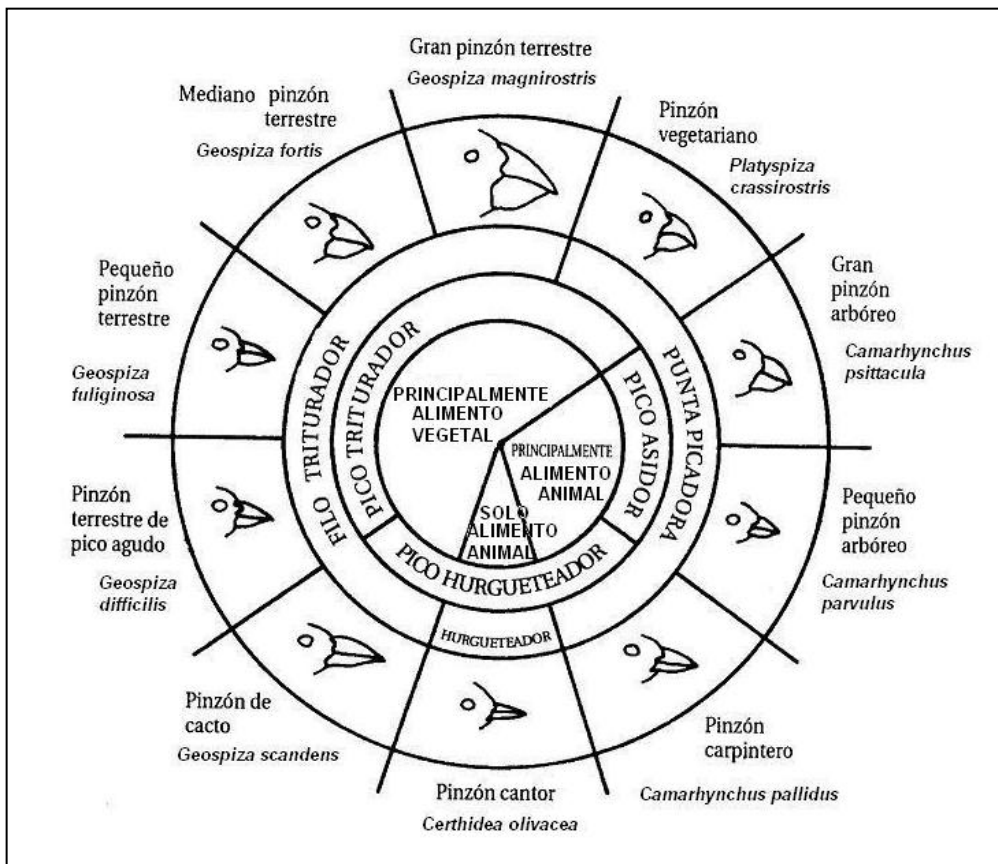
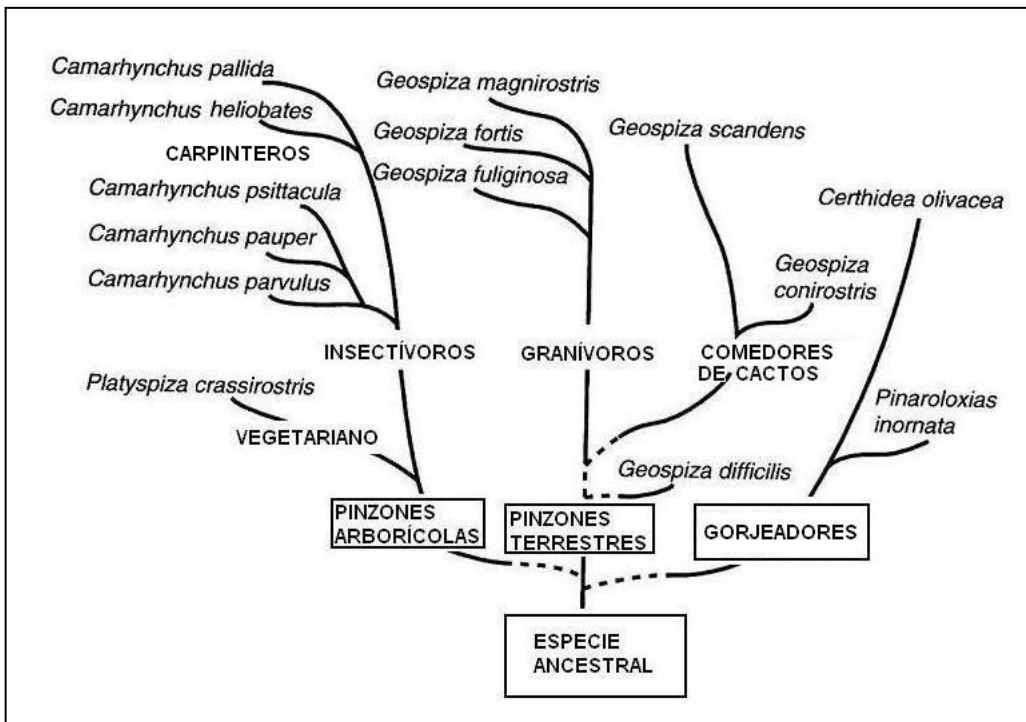
6.2. El oso polar (*Ursus maritimus*), circumpolar, tiene pelaje tupido e impermeable, blanco en jóvenes y amarillento con la edad. Tiene cuello largo, cabeza pequeña y estrecha, orejas cortas. La planta de sus pies tiene pelos, permitiéndole caminar por los hielos sin resbalar, los dedos están unidos por membrana. Hábil nadador, come focas y peces. No hiberna.



El oso pardo (*Ursus arctos*), de Eurasia y Norteamérica, tiene color variable entre castaño, gris plateado o azulado, negro y beige claro. Esencialmente vegetariano, ocasionalmente consume alimento animal. Es hibernante.

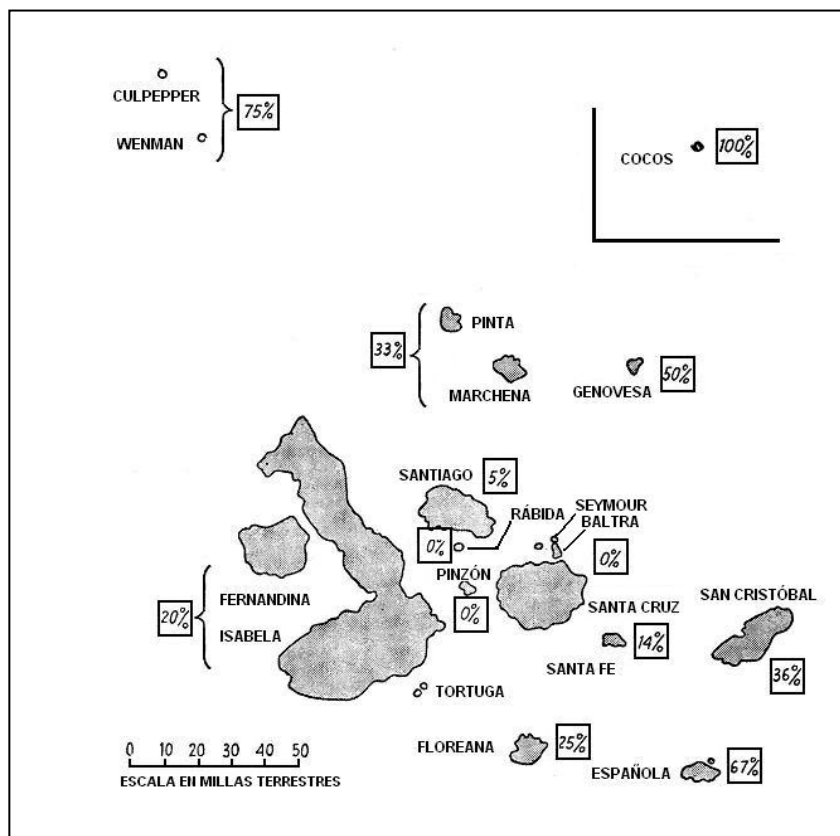
Según evidencias fósiles, durante una glaciación del Pleistoceno un grupo de osos pardos quedó aislado en la zona norte de su distribución, originando la población que dio origen al oso polar. a) ¿Qué tipo de especiación originó al oso polar?. b) ¿Qué factores evolutivos fueron probablemente los más importantes en el surgimiento de esta nueva especie?. c) Describe el proceso de especiación que dio origen al oso polar, incluyendo factores ambientales, geográficos, genéticos, etc.

6.3. Analiza los siguientes esquemas relativos al origen de los pinzones de Darwin, de Islas Galápagos. Son 13 especies, mucho más similares entre sí que con cualquier ave del continente vecino, de modo que todas descienden de una misma especie.



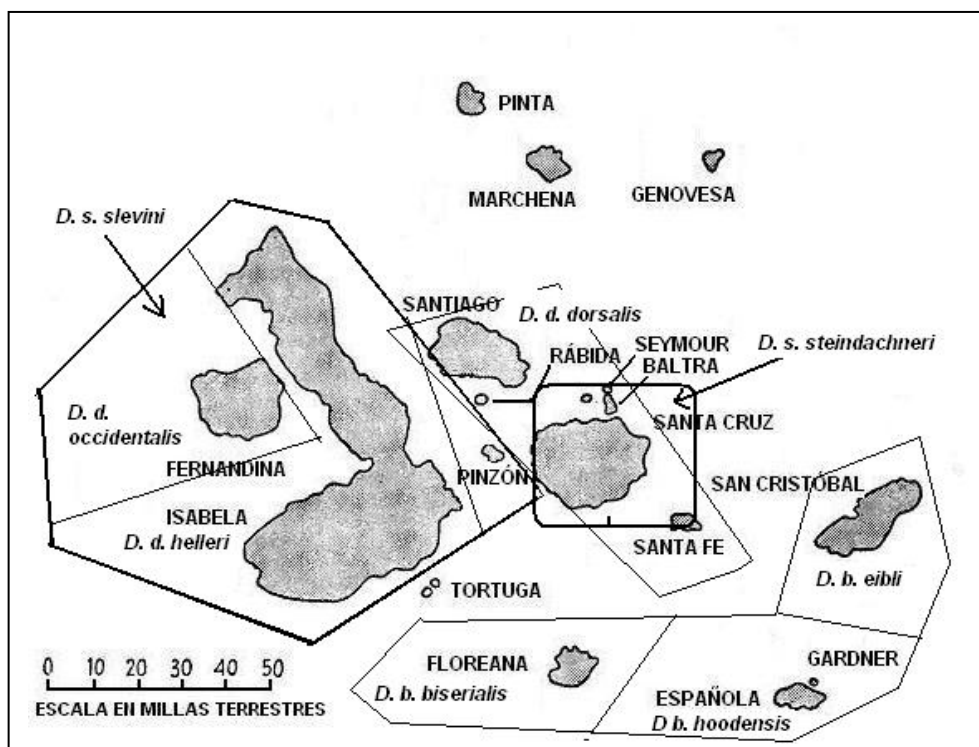
a) ¿Cómo puede explicarse que haya ocurrido un proceso de especiación tan notable a partir de una sola especie?. Elabora una posible explicación, señalando posibles etapas y considerando aspectos tales como nichos ecológicos disponibles, variabilidad genética, competencia, aislamiento. b) Los pinzones de Darwin constituyen un grupo taxonómico (Geospizini) por si solos, pero sus formas de vida son equivalentes a representantes continentales de varias familias distintas. ¿Cómo se puede explicar este hecho? c) El único Geospizini que vive fuera de Galápagos es una especie que se encuentra exclusivamente en la Isla Cocos, de Costa Rica, a 650 km al N.E. de Galápagos. ¿Cómo se explica la presencia de un representante del mismo grupo en Isla Cocos y no en América continental frente a estas islas?, ¿Cómo puede explicarse que en Galápagos existan 13 especies y en Isla Cocos sólo una? d) ¿Qué relación existe entre las características morfológicas ilustradas y los tipos de alimentación? e) Describe los pasos que intervinieron en la formación de las especies actuales de estos pinzones.

6.4. Revisa los porcentajes de formas endémicas de pinzones de Darwin presentes en las distintas islas Galápagos y Cocos, que se ilustran a continuación. ¿Cómo se puede explicar la tendencia general observada, de mayor grado de endemismo en las islas más aisladas periféricamente?





6.5. Además de tortugas gigantes e iguanas marinas y terrestres, en Galápagos existen otros reptiles nativos: seis especies de geckos del género *Phyllodactylus* (cinco de ellas endémicas), siete especies endémicas de lagartijas de lava (*Tropidurus*) y tres especies de culebras del género *Dromicus*, también endémicas, *D. biserialis*, *D. dorsalis* y *D. slevini*. La especie *Dromicus biserialis* forma tres subespecies: *D. b. biserialis*, de la isla Floreana, *D. b. hoodensis*, de Española, y *D. b. eibli*, de San Cristóbal. La especie *Dromicus dorsalis* consta también de tres subespecies: *Dromicus d. dorsalis*, de Santiago, Rábida, Baltra, Santa Cruz y Danta Fe; *D. d. occidentales*, de Fernandina, y *D. d. occidentalis*, de Isabela. *Dromicus slevini* forma dos subespecies: *D. s. slevini*, de Fernandina, Isabela y Pinzón, y *D. s. steindachneri*, de Santa Cruz, Baltra y Rábida. No existen en las islas más norteñas. Su distribución se ilustra a continuación:



Otras especies del género *Dromicus* viven en la zona costera de Sudamérica (donde también hay especies de *Phyllodactylus* y *Tropidurus*), por ejemplo *Dromicus angustilineatus* de Perú y *D. chamissonis*, de Chile. a) ¿Cuál es la procedencia geográfica inicial de las especies de reptiles de las islas Galápagos?. b) Compara las formas de arriba de los ancestros reptilianos y de los ancestros de los pinzones de Darwin. c) ¿Por qué en Islas Galápagos no existen anfibios (ranas, sapos), que son comunes en Sudamérica continental?. d) ¿Cómo puede explicarse que en islas Galápagos existan tantos tipos de reptiles y en cambio en islas Juan Fernández, frente a Chile, no existan especies nativas?. (pista: analiza las corrientes marinas).

e) ¿Qué importancia tiene la formación de subespecies en las tres especies de culebras de Juan Fernández? f) ¿Cómo se explica desde el punto de vista evolutivo la coexistencia en las islas de Santa Cruz y Baltra de dos especies de culebras del mismo género? g) ¿Cómo se explica un grado tan alto de especies de reptiles endémicas en Galápagos?

6.6. En las islas aisladas suelen encontrarse numerosos endemismos, tanto de animales como de vegetales. En el caso de los helechos, rara vez se encuentran especies endémicas, en cambio son frecuentes entre las plantas con flores de la familia Compuestas. La explicación es, según los entendidos, porque los helechos se dispersan a través de esporas, las Compuestas son polinizadas por insectos. ¿De qué manera estas diferencias biológicas podrían incidir en la especiación?

6.7. Todos los perros domésticos (*Canis familiaris*) forman una sola especie, a pesar de las diferencias morfológicas. Aplicando el concepto de bioespecie, una razón para considerarlos como una sola especie radica en que mantienen un solo fondo genético común. Dadas sus grandes diferencias en sus dimensiones, un perro chiguagüño con un gran danés de diferente sexo, no pueden cruzarse. Podríamos pensar que hay un aislamiento morfológico entre ambos, sin embargo sus genes pueden mezclarse mediante cruzamientos sucesivos en ambos sentidos con perros de dimensiones intermedias. a) Si una epidemia matara a todos los perros con excepción de los chiguagüños y gran danés. ¿Podríamos seguir considerándolos como una misma especie?. b) Si no se produce tal extraña epidemia, pero en una isla viven una docena de perros chiguagüños y otros tantos gran danés, de ambos sexos, y ningún otro perro doméstico. ¿Cuántas especies de perro existen en tal isla?

6.8. Un biólogo plantea que las poblaciones de cierto insecto al norte del río Loa, en Chile, son de una especie diferente de las poblaciones de insectos similares del sur del mismo río. Además, sugiere que ambas surgieron a partir de un ancestro común. ¿Qué observaciones o experimentos podrías desarrollar para someter a prueba a ambas hipótesis?. Elabora un plan de investigación.

6.9. Dos poblaciones de mamíferos similares de un origen común relativamente reciente viven en zonas geográficas cercanas. Un cambio ambiental hace que los individuos de ambas poblaciones se encuentren y mezclen. Algunas hembras y machos de las dos poblaciones originales distintas se aparean y nacen híbridos. Podemos esperar que todos los individuos formen una sola población homogénea de una sola especie o que por el contrario luego de cierto tiempo aparezca un mecanismo de aislamiento, dejen de hibridarse y formen dos especies diferentes. ¿Bajo qué condiciones podemos ocurrirá uno u otro de estos dos posibles resultados?

- 6.10. Explica por qué los caracteres reproductivos, tales como las características sexuales secundarias son útiles para distinguir a las especies, pero no sirven para establecer las relaciones evolutivas entre especies y categorías superiores.
- 6.11. En un par de especies “gemelas” o “crípticas”, ¿Cuántas especies se reconocen aplicando los criterios de especie (a) fenético, (b) biológico y (c) ecológico?.
- 6.12. Explica si se encuentran zonas de hibridación, y en caso positivo qué significados tienen, en los modelos de especiación (a) alopátrida, (b) simpátrida, (c) parapátrida y (d) peripátrida.
- 6.13. Haz un modelo de especiación que lleve a la formación de especies gemelas o crípticas. Puedes basarte en algún tipo de especiación teórica conocido (alopátrida, parapátrida, simpátrida, peripátrida)
- 6.14. ¿Qué problemas enfrentan en general los biólogos cuando quieren definir qué es una especie?
- 6.15. De los diferentes conceptos de especie biológica explica el más común y menciona las dificultades que presenta.
- 6.16. En 1860 el Obispo Samuel Wilberforce preguntó a Thomas Henry Huxley si descendía de un mono por línea materna o paterna. ¿Qué error de conocimientos biológicos mostró el pensamiento del Sr. Obispo al hacer esa pregunta?
- 6.17. Explica las diferencias entre básicas entre los mecanismos de aislamiento reproductivo precigóticos y los postcigóticos. a) ¿Cuál de estos dos tipos debemos esperar que aparezca evolutivamente primero?. b) ¿Cuál de los dos tipos es más conveniente para la especie?. Justifica tus respuestas.
- 6.18. ¿Por qué es más probable que ocurra especiación a partir de una población pequeña que a partir de una población grande?
- 6.19. Durante el proceso evolutivo, ¿bajo qué circunstancias se transforman las subespecies en especies distintas?.

- 6.20. ¿Bajo qué condiciones la poliploidía puede contribuir a una especiación rápida?
- 6.21. Analiza diversas condiciones bajo las cuales una población puede dividirse en dos o más poblaciones geográficamente separadas. ¿Qué factores podrían intervenir en que tras el aislamiento se formen especies nuevas?
- 6.22. ¿Cómo surgen las barreras reproductivas entre poblaciones?
- 6.23. Haz una lista de posibles barreras geográficas que puedan dividir y aislar a: una población de peces de agua dulce, una población de lagartijas y una población de peces marinos.
- 6.24. ¿Por qué cuando se produce el aislamiento reproductivo entre dos poblaciones, éstas tienden a divergir genéticamente?
- 6.25. ¿Por qué razón un individuo poliploide no puede cruzarse con los individuos diploides de su misma especie?
- 6.26. ¿Qué condiciones deben presentarse para que una especie esté formada por varias subespecies?
- 6.27. La región australiana presenta una alta cantidad de especies animales y vegetales endémicas (exclusivas), mucho mayor que los demás continentes. ¿Cómo se puede explicar este hecho?
- 6.28. Compara las especies gemelas con las especies politípicas y explica cómo sus diferencias intervienen en la relación entre la divergencia y el origen de las especies.
- 6.29. ¿De qué manera la selección natural puede favorecer la formación de aislamiento reproductivo?
- 6.30. Algunos evolucionistas teóricos plantean que el aislamiento espacial o geográfico es una condición previa para el surgimiento de mecanismos de aislamiento reproductivo, otros aseguran que no es un requisito indispensable. Decide quien tiene razón mediante algún ejemplo.

6.31. Explica cómo las características cromosómicas de los híbridos interespecíficos impiden su reproducción. ¿A través de qué mecanismo los híbridos interespecíficos pueden pasar a formar una nueva especie, diferente a ambas especies progenitoras?.

6.32. ¿Qué tipo de especiación es el más común en el reino animal y por qué motivos?

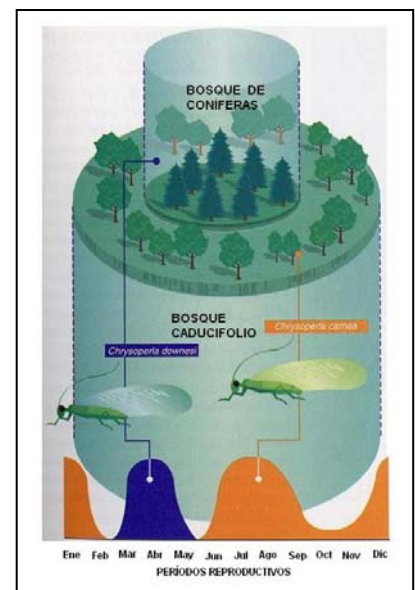
6.33. ¿Qué tipo de especiación es el más común en el reino vegetal que en el animal y por qué motivos?.

6.34. Se suele utilizar la posibilidad de reproducción sexual y producción de hijos normales y fértiles como criterio de determinación de una especie. ¿Cuál es el tipo de especie que se aplica en este caso?.

6.35. Explica las diferencias básicas entre los diferentes modelos de especiación.

6.36. ¿Qué evidencia puede utilizarse para inferir que una especie tiene un origen híbrido y para reconocer sus ancestros?.

6.37. En Norteamérica viven las crisopas *Chrysopa carnea* y *Chrysopa downesi*, que ocupan las mismas zonas geográficas. *Chrysopa carnea* es de color verde claro en primavera y de color marrón en verano y otoño. *Chrysopa downesi* es permanentemente verde oscura. *Chrysopa carnea* vive en pastizales y bosques caducifolios, *Chrysopa downesi* vive en bosques de coníferas. *Chrysopa carnea* se aparea en invierno y en verano, *Chrysopa downesi* en primavera.



No existen híbridos naturales, pero en laboratorio puede lograrse su cruzamiento y producirse híbridos. C. J. Tauber y M. J. Tauber descubrieron que ambas especies difieren en solo tres pares de genes: un par de genes codominantes produce el color y el heterocigoto determina un color intermedio, los otros dos controlan el momento de apareamiento, el doble recesivo se aparea en primavera, el que tiene al menos un alelo dominante se aparea en invierno y verano.

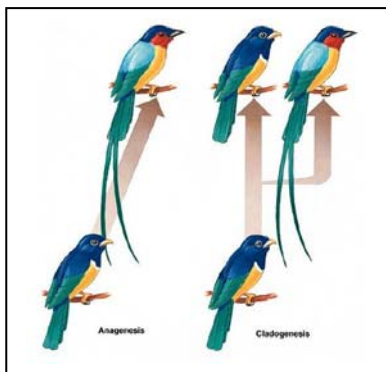
De acuerdo con estos antecedentes, a) ¿Qué tipo de especiación produjo a estas especies?, b) ¿Qué tipo de aislamiento determina que no dejen descendencia entre ambos?, c) ¿Qué tipo de selección natural debió intervenir?. d) Describe paso a paso la forma en que se produjo la especiación.

## MÓDULO NÚMERO 7: LA EVOLUCIÓN TRANSESPECÍFICA O MACROEVOLUCIÓN

**PALABRAS CLAVE:** evolución en serie, anagénesis, evolución ramificada, cladogénesis, gradualismo filético, equilibrio puntuado o equilibrio interrumpido, especies pancrónicas o fósiles vivientes, extinción, evolución divergente, radiación adaptativa, evolución convergente, evolución paralela, coevolución, zonas adaptativas, alometría, heterocronía, neotenia, evolución en mosaico, falacia del eslabón perdido.

### LECTURA

La evolución transespecífica o macroevolución incluye los grandes cambios en el nivel superior al de especies, la formación de los grupos taxonómicos superiores. Su estudio lo realizan fundamentalmente los paleontólogos, pero también utiliza conceptos provenientes de otras ramas de la biología.

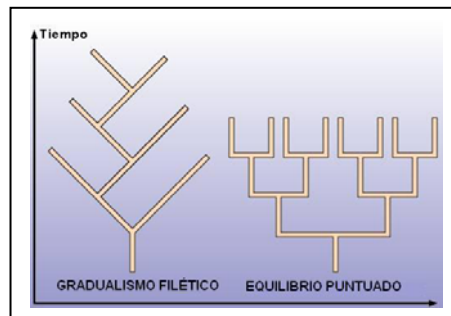


En el registro fósil se pueden distinguir dos modelos de cambio macroevolutivo: evolución en serie y evolución ramificada. En la *evolución en serie* o *lineal* no hay diversificación, solo existen cambios genéticos sostenidos a lo largo de un linaje. Puede implicar desviación gradual en las combinaciones genéticas, de modo que la población descendiente puede llegar a ser claramente distinta de la ancestral.

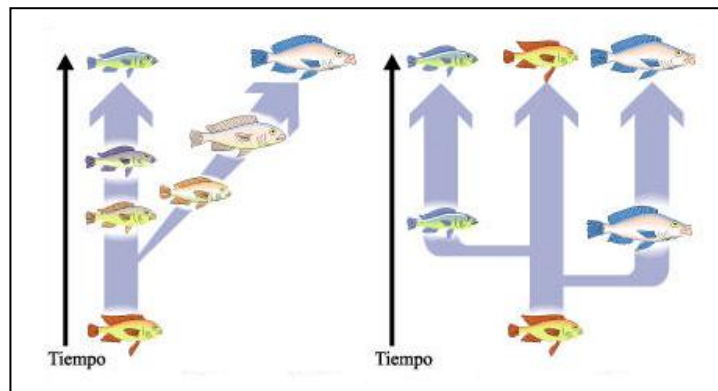
Se suele pensar que la evolución en serie implica en el largo plazo que diversos grupos avancen evolutivamente hacia *grados* superiores de organización durante la evolución de un linaje, proceso denominado *anagénesis*. Por ejemplo, el aumento del tamaño cerebral dentro de la línea humana, o la reducción del número de dedos en el linaje de los équidos. Sin embargo, la existencia de grupos “inferiores” o “superiores” de organismos es discutible, la idea de “progreso evolutivo” es subjetiva. La evolución tarde o temprano produce diversificación, aumento de los linajes, se trata de una *evolución ramificada*. La evolución ramificada está documentada en el registro fósil, es responsable de la variedad de especies vivientes, todas descendientes de un origen común.

Por ejemplo, el origen de seres humanos, chimpancés y gorilas a partir de un antepasado común. La formación de nuevas líneas evolutivas se denomina *cladogénesis* y cada una de las ramificaciones corresponde a un “*clado*”, cuya existencia es más objetiva que el “*grado*”.

Los procesos macroevolutivos se describen sobre la base de dos hipótesis principales, aunque muchos investigadores piensan que ambos modelos representan las formas extremas de una realidad más diversa. El modelo del *gradualismo filético* supone que la macroevolución se produciría como una extensión de la microevolución, mediante acumulación gradual de pequeños cambios, la diferencia sería solo un factor de escala. La evolución sería un proceso lento y uniforme. La aparente interrupción del registro fósil se debería a su imperfección. Como consecuencia, la evolución de acuerdo a este modelo es gradual.



El modelo del *equilibrio puntuado* o *equilibrio interrumpido* supone que la macroevolución se debería a mecanismos diferentes a los de la microevolución. Los sucesivos grupos de organismos surgirían en períodos de evolución rápida, seguidos por un largo tiempo de estabilidad, de manera que la evolución sería un proceso discontinuo y la interrupción del registro fósil en parte reflejaría estos saltos reales. Como consecuencia, la evolución de acuerdo a este modelo es discontinua o pautada.



No existe razón para pensar que las especies deban seguir cambiando permanentemente, de manera gradual o por evolución discontinua. Quienes gatillan los cambios evolutivos son las modificaciones ambientales y quienes las hacen posibles son las modificaciones genéticas (mutaciones, selección natural, deriva génica). Los linajes generalmente duran algunos millones de años, las especies de evolución gradual alcanzan uno o dos millones, las de gran estabilidad morfológica llegan a unos 10 millones. Sin embargo, existen linajes que han permanecido sin grandes modificaciones durante períodos mucho más largos.



Son las llamadas especies *pancrónicas* o *fósiles vivientes*. Es el caso del género de braquiópodos *Lingula*, que ha permanecido sin cambios aparentes durante 400 millones de años, desde el período Ordovícico, el reptil conocido como tuatara (*Sphenodon*), de Nueva Zelanda y el crustáceo *Triops*, que han sobrevivido desde el período Triásico, cerca de 200 millones de años. De acuerdo con la hipótesis del equilibrio puntuado los cambios morfológicos se producirían solamente durante los episodios de especiación, por lo tanto en estos linajes la falta de especiación produciría ausencia de cambios.

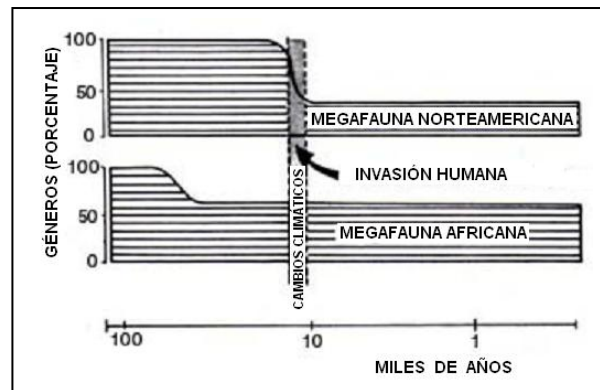
No es fácil discernir en algunos casos si se trata o no de “fósiles vivientes”. Por ejemplo, en la literatura de divulgación se suele incluir como un ejemplo típico de fósil viviente al pez celacanto (*Latimeria*), que si bien es el único representante viviente de su grupo, los crossopterigios, es bastante diferente de sus parientes extinguidos, es en realidad un organismo actual. Por lo tanto, obviamente no es un verdadero “fósil viviente”, sino el único sobreviviente de su grupo taxonómico, lo que es distinto. Se podría aducir que el celacanto es un fósil viviente porque el tipo de aletas pedunculadas que posee es una estructura que representa una reliquia del tiempo en que las aletas se transformaron evolutivamente en miembros terrestres, pero en tal caso todos los organismos vivos somos fósiles vivientes, porque todos tenemos estructuras evolutivamente muy antiguas, por ejemplo células epiteliales ubicadas en nuestro aparato respiratorio presentan cilios, que son estructuras que mantienen su organización desde que aparecieron en organismos unicelulares.

La *extinción* es la desaparición de una especie o un grupo. Si la especiación es análoga al nacimiento, la extinción es análoga con la muerte (existe también una pseudoextinción, cuando la especie evoluciona en otra, análoga a la desaparición de un unicelular cuando mediante fisión forma dos células individuales hijas). La extinción fue aceptada tras la publicación de los trabajos de George Cuvier sobre los grandes mamíferos terrestres fósiles. Las causas que se han sugerido para explicar las extinciones han sido variadas: cambios ambientales cataclísmicos, competencia con otras especies por recursos limitados, causas internas (“senilidad racial”).

De acuerdo con las informaciones paleontológicas, han existido unos 20 grandes acontecimientos de extinción masiva sobre la Tierra, de los cuales en cinco casos se ha superado el 65% de los organismos, las llamadas “grandes extinciones.”



Se considera que permanentemente se están extinguiendo especies en la medida que otras las reemplazan (*extinción de fondo*), a lo que se agrega momentos especiales de *extinciones en masa*, que afectan a un gran número de grupos simultáneamente. Se ha discutido la posibilidad de que las extinciones masivas sean regulares, cíclicas. Algunos investigadores han creído encontrar ciclos de extinciones cada 26, 31 ó 32 millones de años, pero sus cálculos son discutibles. El ser humano ha intervenido especialmente en las extinciones masivas de los grandes vertebrados recientes.



Existen caracteres de los organismos que hacen más vulnerables a sus poblaciones a los cambios ambientales, aumentando el riesgo de extinción: gran tamaño corporal (suelen tener baja densidad poblacional, crecimiento lento y especialización ecológica), nivel ecológico alto en las pirámides respectivas (suelen tener tamaño poblacional bajo), estrategias k (con amplitud de nicho estrecha, baja tolerancia, habitats especializados, distribución limitada), organismos de escasa capacidad de dispersión. Los sinteticistas clásicos, como George G. Simpson, plantean que durante el transcurso de las generaciones los descendientes de una población ancestral pueden formar una línea filética única, sin ramificarse, pero diferir tanto de la especie ancestral que pasan a formar una nueva especie. Se asume que la especie inicial se extinguió, pero en realidad no fue una extinción verdadera o terminal, sino una pseudoextinción, porque vive su descendencia directa. Aquí tendríamos dos especies cronológicas y un tipo especial de especiación, pero no todos los especialistas concuerdan con esta idea. Los taxonomistas de la escuela cladista desconocen estas llamadas cronoespecies, para ellos sería una sola especie, la especiación requeriría ramificación (o fisión de dos líneas), los partidarios del equilibrio puntuado tampoco lo aceptan porque niegan que existan cambios en los linajes mientras no ocurra una ramificación, que coincidiría con la especiación.

La extinción tiene un aspecto positivo, al dejar nichos ecológicos disponibles para la diversificación de otros grupos. Fue por ejemplo el caso de la extinción de los dinosaurios, seguida por la radiación adaptativa de los mamíferos. De acuerdo con ello, la extinción jugaría un papel importante en la renovación de las biotas.

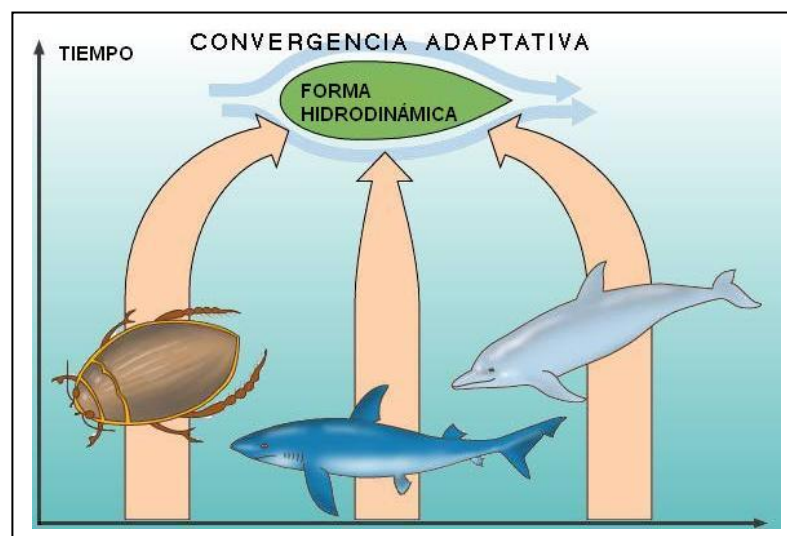
Cada zona de vida o bioma (selva, pradera, pantano, desierto, etc.) representa un conjunto de posibilidades en cuanto a formas de vida, a las cuales las especies se adaptan evolutivamente, contienen *zonas adaptativas*. En la naturaleza las especies compiten y se reparten el espacio. En su interacción forman comunidades compuestas por especies que se van adaptando a una particular forma de vida, desempeñando un determinado papel ecológico en su zona adaptativa, al que se adaptan estructural, funcional y conductualmente.

Organismos que desempeñan papeles ecológicos similares en sus respectivas comunidades, dentro de zonas adaptativas semejantes en lugares geográficos separados, se denominan *equivalentes ecológicos*. Tras la extinción de una especie queda disponible su nicho ecológico, que puede ser ocupado por un organismo emparentado o lejanamente relacionado, que evolucionará en su reemplazo y pasará a ser su equivalente ecológico. Las líneas evolutivas se enfrentan a menudo al paso de una *zona adaptativa* a otra.

Si a una zona geográfica llegan organismos colonizadores que logran atravesar una barrera debido a modificaciones ecológicas o geográficas, pueden enfrentarse seres vivos con requerimientos similares, que ocupan nichos ecológicos próximos. La competencia entre ambos puede hacer que una de las especies se extinga, y si sobrevive el recién llegado el nicho ecológico es ocupado por substitución evolutiva inmediata. Ello ocurrió con el levantamiento del Istmo de Panamá durante el Plio-Pleistoceno, con el subsiguiente paso de numerosos grandes mamíferos de Norte y Centroamérica hacia Sudamérica. Puede ocurrir que una especie o grupo se extinga y no existan organismos que sean sus equivalentes ecológicos, por lo tanto el nicho ecológico queda vacío y disponible durante millones de años, produciéndose una substitución evolutiva diferida. Es el caso, por ejemplo, de los murciélagos, que desarrollan una forma de vida similar a la de los pterosaurios, extinguidos junto con los dinosaurios al terminar el Mesozoico, cuando los murciélagos aún no aparecían.

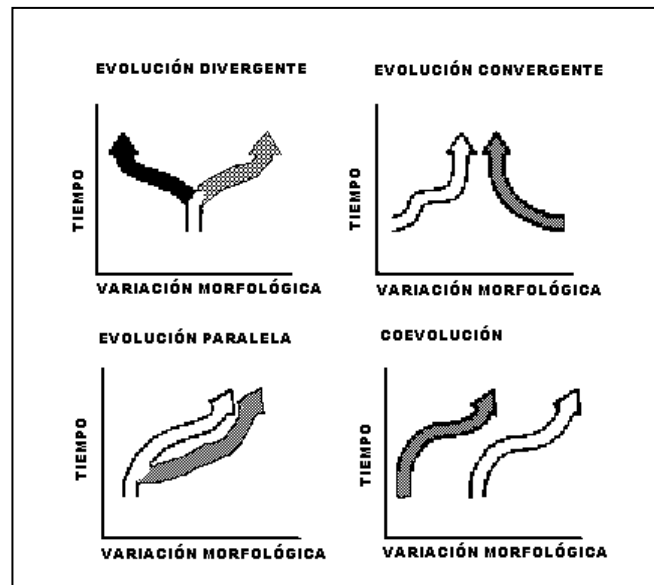
Cuando se realizan inferencias sobre las relaciones de parentesco de acuerdo con las similitudes de dos o más organismos o grupos de organismos, se presenta el problema de determinar si las similitudes se deben a la cercanía evolutiva o a la adaptación a formas de vida similares, en otras palabras, si los caracteres semejantes son homologías o analogías. Se denomina *homoplasia* a la semejanza de dos organismos sin que la hayan heredado de un ancestro común. Los cambios evolutivos en las similitudes y diferencias entre las formas de vida de unas pocas especies o grupos se describen de acuerdo con cuatro pautas principales:

La *divergencia* o *evolución divergente* describe la diferenciación progresiva de dos o más especies o grupos desde un antepasado común, al ocupar zonas adaptativas diferentes. Puede ocurrir por especiación alopátrida o simpátrida. Cuando incluye cladogénesis muy rápida, con formación de numerosas especies o grupos adaptados a condiciones ambientales diferentes se denomina *radiación adaptativa*. La *convergencia* o *evolución convergente* describe el proceso evolutivo por el cual dos especies lejanamente emparentadas o dos grupos independientes no vinculados estrechamente desarrollan caracteres superficiales parecidos (“análogos”) debido a adaptaciones similares a una zona adaptativa equivalente, con condiciones ambientales parecidas. Por ejemplo, los tiburones, ictiosaurios, delfines y pingüinos tienen cuerpos fusiformes con extremidades en forma de aletas. Los escarabajos acuáticos también tienden a adoptar forma hidrodinámica.



La *evolución revertida* es la simplificación o desaparición de un carácter complejo, llegando a un estado similar al primitivo. Las reversiones de un mismo carácter en varios organismos no relacionados produce convergencia, por ejemplo la pérdida de alas en insectos de distintos órdenes (moscas sin alas, piojos picadores, piojos masticadores, pulgas, etc.), o la reducción de las alas en diversos grupos de aves (kivis, avestruces, ñandúes, moas). El *paralelismo evolutivo* o *evolución paralela* describe el proceso evolutivo por el cual dos o más líneas evolutivas emparentadas más o menos cercanamente, experimentan cambios evolutivos similares después de su divergencia inicial. No es siempre fácil distinguirla de la convergencia, en la evolución paralela el grado de similitud no aumenta, sino se mantiene. Por ejemplo, la similitud entre diferentes especies de ciervos y antílopes. La convergencia puede ocurrir en tiempos distintos, la evolución paralela generalmente es simultánea, por ejemplo el aumento relativo de la altura de los dientes en diferentes grupos de mamíferos herbívoros durante el Mioceno en relación a la aridez y expansión de las gramíneas, ricas en sílice.

La *evolución iterativa* es un caso especial de paralelismo evolutivo no simultáneo en el cual a partir de un linaje se produce una tendencia evolutiva originando sucesivamente varios organismos similares. La *coevolución* describe procesos evolutivos complementarios entre especies relacionadas ecológicamente, por ejemplo depredadores y sus presas, polinizadores y plantas con flores, parásitos y huéspedes, etc.



Desde la antigüedad se conoce la relación entre la semejanza de los embriones y el grado de afinidad de los organismos. Luego de formular su discutida “ley ontogenética fundamental”, Ernst Haeckel observó casos en que su supuesta ley no se cumple, la secuencia de etapas del desarrollo no reproduce la supuesta serie filogenética sino había cambiado el orden de aparición de los caracteres. Haeckel denominó a estos casos “*heterocronías*”.

Los genes se expresan en el desarrollo modelando las formas y dimensiones de los organismos. Cambios pequeños que afectan a los genes reguladores del crecimiento, los que determinan la sucesión temporal de los acontecimientos, originan fenómenos de desfases cronológicos (*heterocronías*), responsables de que organismos genéticamente cercanos puedan parecer muy distintos. En estos fenómenos evolutivos el desarrollo puede acelerarse o retrasarse, debido a que la selección natural favorece mutaciones en los genes que lo controlan.

Existen varias cuatro formas principales de heterocronías: neotenia, aceleración, progénesis e hiper morfosis.

En la *neotenia* el desarrollo somático está retrasado, el adulto adquiere una morfología juvenil, pero con dimensiones corporales no modificadas. Un ejemplo bien conocido es el de la salamandra norteamericana llamada ambistoma (*Ambystoma tigrinum*) que vive en tierra y pone sus huevos en el agua.



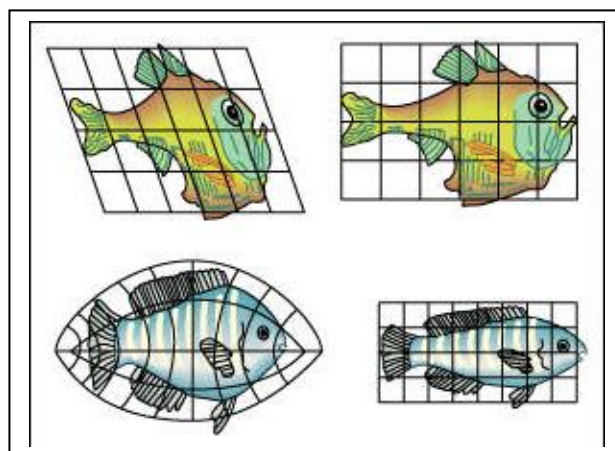
Existen poblaciones en las que los ejemplares, conocidos como “ajolotes”, pasan toda su vida en el agua y mantienen su forma larvaria, aunque se reproducen sexualmente, habiendo desaparecido la metamorfosis de su ciclo vital.

La neotenia ocurre por una mutación que adelanta la madurez sexual y la metamorfosis deja de ocurrir. Este tipo de heterocronía está condicionado por un gen recesivo que en estado homocigoto frena la producción de la hormona tiroidea. La heterocronía opuesta a la neotenia es la *aceleración*, que produce un desarrollo somático acelerado, de modo que los caracteres se expresan antes y se obtiene una morfología hiperadulta pero con dimensiones corporales no modificadas y sin variar el tiempo total de desarrollo. En la *progénesis* o *pedogénesis*, aparece precozmente la madurez sexual, el desarrollo se detiene y se forman adultos con forma y tamaño juveniles. En la *hipermorfosis* o *gerontomorfismo*, por el contrario, la madurez sexual se retrasa y el cuerpo continúa creciendo, obteniéndose una morfología hiperadulta y un tamaño mayor. Es la recapitulación clásica, en la que se añaden caracteres en etapas sucesivas. La hipermorfosis y la aceleración producen formas más avanzadas en los descendientes, se agrupan como peramorfosis. La neotenia y la progénesis originan formas más juveniles, se agrupan con el nombre de pedomorfosis.

Las heterocronías permiten explicar cambios parciales, que afectan a determinadas partes de un organismo. Por ejemplo, en el ser humano existe reducción y retraso en el desarrollo de los molares que se interpreta como un desplazamiento progresivo del momento de su desarrollo, sin embargo la dentición anterior no corresponde con este modelo. Esto se debe a otro aspecto importante de la macroevolución, que ocurre bajo la forma de *evolución en mosaico*. Los organismos son conjuntos de moléculas y estructuras bajo la forma de mosaicos que se han modificado evolutivamente a diferentes velocidades. Algunas moléculas o estructuras se conservan con pocos cambios, otras cambian rápidamente. En cualquier linaje algunas partes cambian rápidamente, otras se modifican despacio y otras casi nada. Por ejemplo, las plumas, pico y forma corporal de las aves son estructuras muy conservadas, pero otras de sus estructuras son diferentes entre distintos grupos de aves porque se han modificado en diferentes formas con gran rapidez.

Es el caso de la forma de alas y patas, modificadas adaptativamente para diferentes formas de vida. En la evolución de la familia équidos, a la que pertenecen los caballos y cebras actuales, las extremidades cambiaron considerablemente, desde ancestros con cuatro o cinco dedos funcionales a las formas actuales con uno solo, en cambio dientes y cráneos se modificaron menos, y el tamaño relativo del cerebro cambió muy poco.

Es lógico que la evolución ocurra en mosaico, porque las distintas moléculas o partes de un mismo organismo se encuentran bajo presiones selectivas de diferente intensidad. Que la evolución ocurra en mosaico explica la “*falacia del eslabón perdido*”. Los antievolucionistas, ignorantes en materias biológicas, argumentan que no se conocen los que llaman “eslabones perdidos”, formas de transición que según ellos deberían estar a medio camino en todos sus caracteres. Por ejemplo, esperan que el supuesto “eslabón perdido” entre el hombre y el antropoide ancestral fuese intermedio en todos los rasgos, pero en realidad el antecesor común de humanos y chimpancés no corresponde a esa suposición, debió presentar un mosaico de caracteres, que en ambas líneas de sus descendientes se han modificado de diferente manera y velocidad. Durante el desarrollo de un individuo, los caracteres se comportan también como mosaicos, distintas partes crecen a velocidad diferente. Este fenómeno se denomina *alometría*. Por ejemplo, la cabeza de un niño es proporcionalmente muy grande respecto al cuerpo, en cambio los dientes adultos son proporcionalmente mucho más grandes que los de leche. Por lo tanto, la cabeza presenta alometría negativa, los dientes alometría positiva. Los cambios evolutivos pueden analizarse también aplicando el crecimiento alométrico. La selección a favor del incremento del tamaño corporal pudo producir el alargamiento del hocico en los osos hormigueros o el desarrollo de la cornamenta en los ciervos. Si los cambios evolutivos se basan en mutaciones de genes que influyen sobre la alometría, la evolución puede analizarse mediante transformaciones cartesianas (en redes) de un tipo original.



**BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Dobzhansky, Ayala, Stebbins y Valentine (1980); Simpson (1985), Strickberger (1993); López y Truyols (1994); Ridley (1996); Sequeiros (2002).

**SITIOS DE INTERNET**

<http://evolutionibus.eresmas.net/puntualismo.html>

<http://aquaticworld-es.iespana.es/aquaticworld-es/neotenia.htm>

<http://astrobiologia.astroseti.org/articulo.php?num=140>

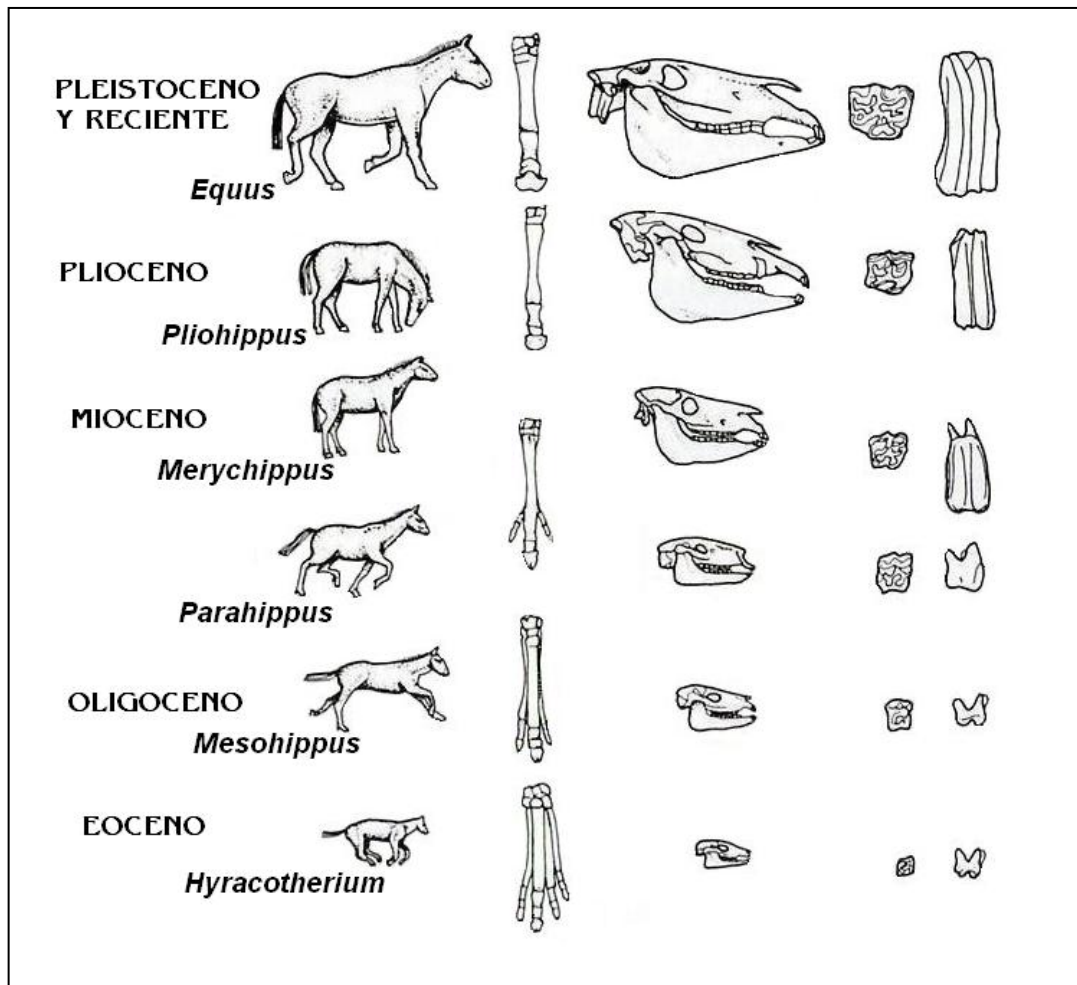
<http://www.el-mundo.es/larevista/num190/textos/fosiles1.html>

[http://www.iespana.es/natureduca/bio\\_evol\\_convergente.htm](http://www.iespana.es/natureduca/bio_evol_convergente.htm)

## ACTIVIDADES

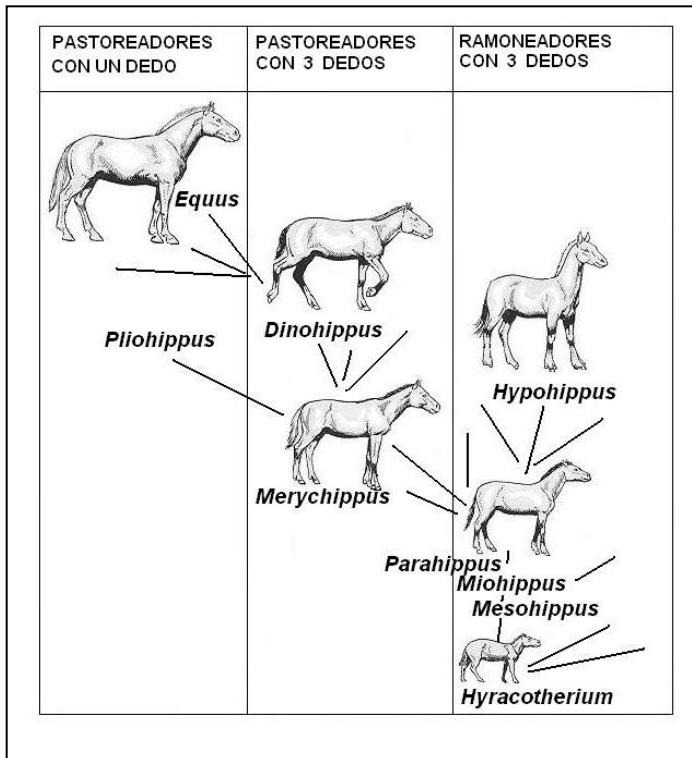
7.1. Hay quienes han asumido que existe un cierto sesgo profesional en la interpretación de la velocidad evolutiva: los genetistas de poblaciones tienden a aceptar la hipótesis del gradualismo evolutivo, en cambio los partidarios del saltacionismo, como por ejemplo la hipótesis del equilibrio puntuado, suelen ser paleontólogos. Un mismo proceso evolutivo podría ser interpretado por ambos grupos en una forma diferente al respecto. Explica por qué esto puede ser así.

7.2. Revisa atentamente el siguiente esquema de fósiles característicos de la familia de mamíferos perisodáctilos llamada Équidos, que comprende los caballos, burros y cebras vivientes. a) ¿Qué tendencias evolutivas generales se muestran en el esquema?. Describe los cambios en las dimensiones corporales, de las extremidades, cráneo y dientes. Considera que las formas más antiguas están dibujadas bajo las más modernas.

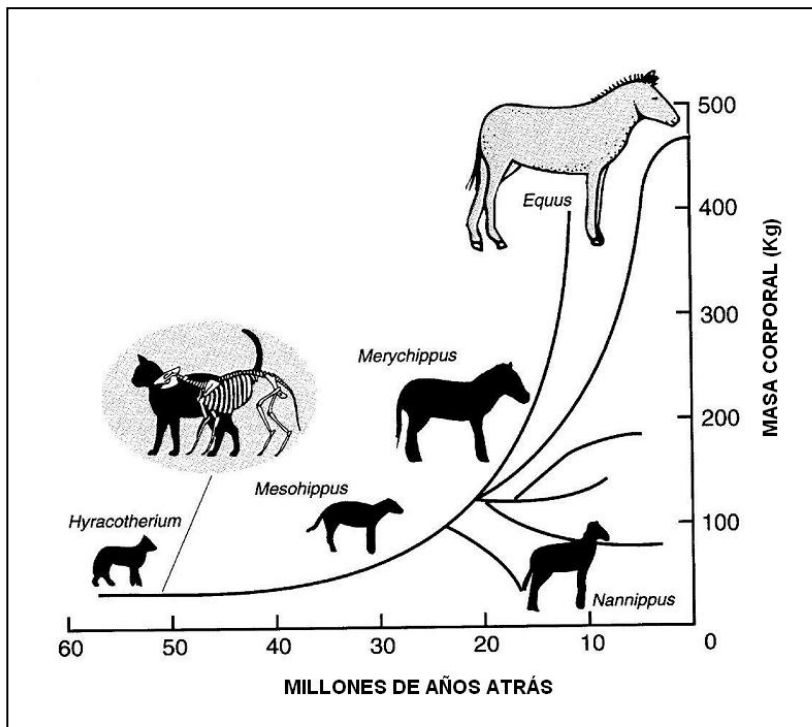


A continuación se ilustran los mismos géneros de équidos y además a otros representantes fósiles de la misma familia. ¿Qué puedes concluir de las evidencias que se entregan en esta nueva ilustración respecto a la evolución de los Équidos?

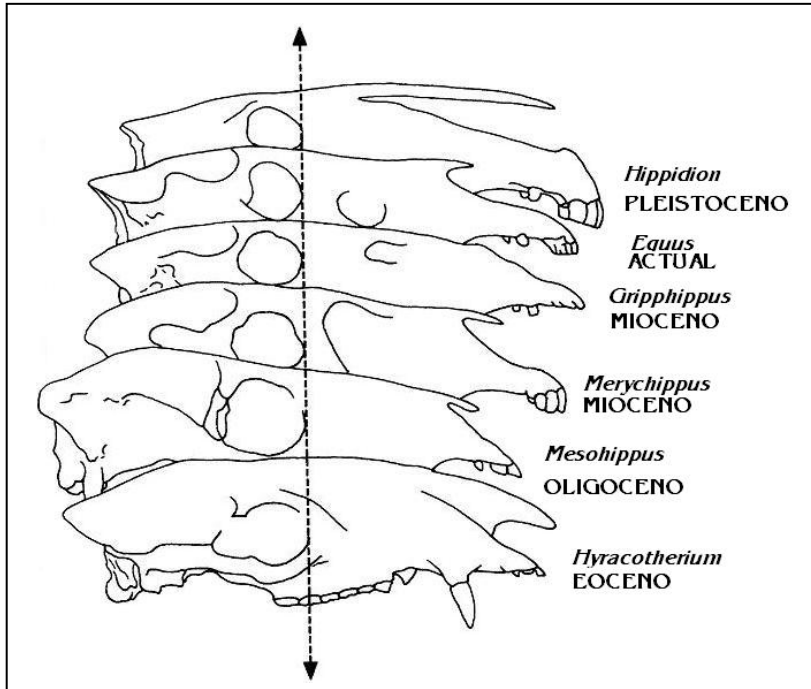




La siguiente es una tercera ilustración relativa a la evolución de los Equipos, en la que se considera el aumento en la masa corporal en relación a la antigüedad geológica.



En la siguiente ilustración se representan cráneos de équidos fósiles, dibujados con igual longitud y alineados sobre el borde anterior de la órbita, lo cual permite comparar el incremento relativo de la caja craneana y del rostro.



Considerando la información resumida en los esquemas presentados, a) ¿Cuál es la pauta evolutiva mostrada por la evolución de los équidos?, ¿en serie o ramificada? b) ¿Qué aspecto ecológico podemos suponer que provocó un cambio morfológico en la evolución de los équidos?. Pista: las especies ramoneadoras se alimentan de ramas y brotes de arbustos, las pastoreadoras de pastos (revisa el segundo de los esquemas y en el primer esquema compara los dientes de los géneros que en el segundo esquemas se clasifican como ramoneadoras y pastoreadoras respectivamente). ¿En qué ambientes predominan los arbustos y en cuáles los pastos?. De acuerdo con esto, ¿Qué cambio ambiental podemos concluir que ocurrió probablemente en el Mioceno? Los pastos (gramíneas) son hierbas con hojas duras y abrasivas. Relaciona este dato con la altura y superficie de los molares de ramoneadores y pastoreadores, dibujados en la primera ilustración. c) ¿Cómo se puede describir la evolución de las dimensiones en la familia équidos?. Observa qué ocurre con la curva del aumento de la masa corporal hace 20 millones de años, en el Mioceno, cuándo se produce el surgimiento de las especies pastoreadoras. ¿En qué ambiente podrán desplazarse con mayor facilidad los herbívoros de grandes dimensiones, entre arbustos o en pastizales?. ¿Cuál es el tipo de alimentación de los équidos provistos de un solo dedo en sus patas?.

¿Qué tipo de adaptación locomotora (¿marcha, salto, carrera, natación etc.?) representa la pata de los équidos provista de un solo dedo?. De acuerdo con esto, ¿Cómo se relacionan en la familia Équidos las transformaciones evolutivas de patas, dientes y dimensiones corporales?. d) Describe la evolución proporcional del rostro de los Équidos en relación a la caja craneana. ¿Qué tendencia evolutiva se observa y con qué aspecto evolutivo que hemos considerado puede relacionarse. Justifica. e) Hay quienes dicen que el registro fósil no aporta pruebas a favor de la evolución y hay otros que a partir de dibujos como el primero de los entregados aseguran que el registro fósil de los Équidos demuestra que la evolución se produce unidireccionalmente mediante alguna fuerza interna. ¿Cuál es tu opinión a partir de las ilustraciones?

7.3. Indica dos razones que puedan explicar por qué en los últimos 3.500 millones de años se han extinguido numerosos grupos de organismos y una razón por la cual algunos antiguos grupos, aún mantienen ejemplares vivientes, como es el caso de los peces crossopterigios (celacantos).

7.4. El registro fósil muestra que poco antes del período Cámbrico, en la Era Paleozoica, se encuentran los primeros indicios de organismos pluricelulares, que surgen abruptamente en gran diversidad de formas. Elabora dos posibles explicaciones de este hecho (pista: una puedes basarla en las características de la fosilización y distribución del registro fósil, la otra en relación a las característica que presentan los organismos en los tipos más habituales de fósiles).

7.5. Tras la extinción de los grandes reptiles del Mesozoico se produjo una gran radiación adaptativa de los mamíferos. Explica por qué se produjo ese proceso en ese momento, y no antes.

7.6. Analiza las posibles causas de la extinción de especies o grupos de animales.

7.7. ¿Cómo se relacionan la microevolución con la macroevolución de acuerdo con el gradualismo filético y con el equilibrio puntuado?

7.8. Existen evidencias a favor de la ocurrencia periódica de extinciones masivas, como la habían sugerido hace mucho tiempo Georges Cuvier y Jean Louis Agassiz. Sin embargo estos paleontólogos, antievolucionistas, no entregaron una explicación lógica ni verificable para la aparición de nuevas especies en las zonas devastadas. ¿Cómo se explica actualmente la proliferación de especies después de las extinciones masivas?.

- 7.9. Diversas evidencias sugieren que los cetáceos (ballenas, delfines) evolucionaron a partir de mamíferos terrestres, los mesoníquidos, de la línea carnívoros-ungulados. Elabora una hipótesis en relación a cómo pudo ocurrir el origen evolutivo de los Cetáceos.
- 7.10. Explica mediante qué tipo de datos podrían ayudar a resolver la controversia entre los paleontólogos partidarios del cambio evolutivo gradual y los saltacionistas.
- 7.11. Explica tres situaciones que favorezcan la coevolución, y da ejemplos.
- 7.12. Cita ejemplos en los cuales la evolución de un grupo de organismos entrega una oportunidad para la evolución de otros grupos.
- 7.13. Explica en qué consiste y da ejemplos de radiación adaptativa.
- 7.14. ¿Cuáles son las causas generales de la extinción?
- 7.15. ¿Cómo influyen en la extinción o supervivencia la especialización extrema y la adaptación amplia?
- 7.16. ¿Qué son la substitución evolutiva inmediata y la substitución evolutiva diferida?
- 7.17. ¿Cómo variaron en el pasado los ritmos evolutivos?
- 7.18. Define y da ejemplos de evolución convergente y de evolución divergente.
- 7.19. Explica por qué la radiación adaptativa se considera como un tipo de evolución divergente.
- 7.20. ¿Cómo se relaciona la macroevolución con los procesos de desarrollo individual?
- 7.21. ¿Qué relaciones existen entre la evolución y la extinción?
- 7.22. Explica en qué casos se puede hablar de “fósiles vivientes”. Da ejemplos.

7.23. ¿Qué efectos podría tener sobre las jirafas si en el futuro evolucionaran con influencia de heterocronías?. Imagina su aspecto y dimensiones bajo la influencia de los diversos tipos de heterocronía.

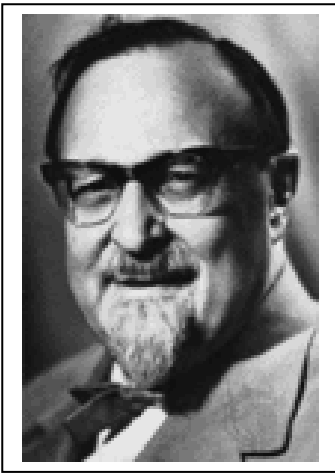
7.24. ¿Por qué se dice que el concepto de cladogénesis es más fácil de aplicar objetivamente que el de anagénesis?.

## MÓDULO NÚMERO 8: EL ORIGEN DE LA VIDA

**PALABRAS CLAVE:** panspermia, evolución prebiótica, sopa primordial protobionte, microesfera, proteinoide, coacervado, mundo del ARN, progenote, teoría génica del origen de la vida, teoría proteica del origen de la vida, estromatolitos, anaerobios, heterótrofos, autótrofo fotosintetizador, aerobio, simbiogénesis y hipótesis de la endosimbiosis en serie.

El origen de la vida pareció durante muchos años como un problema insondable, limitado a discusiones filosóficas o religiosas, o accesible a través de mitos. Actualmente se debate intensamente en los medios científicos y presenta una serie de aspectos que resolver, ¿ocurrió una sola vez o varias veces?, ¿puede ocurrir hoy en condiciones naturales o artificiales?, ¿se desarrolló a partir de procesos análogos al crecimiento y replicación de cristales o fue algo completamente diferente?, ¿surgieron primero las proteínas o los ácidos nucleicos?. En 1879 Hermann von Helmholtz planteó la llegada de los primeros seres vivos desde el espacio exterior, hipótesis conocida como *panspermia*. El genetista Francis Crick y el astrónomo Fred Hoyle, entre otros, han retomado esta idea, sugiriendo que la vida pudo haber llegado a la Tierra desde otro punto del Universo mediante la colisión con un cometa o con un meteorito. Aunque en 1989 se descubrieron aminoácidos en cráteres de meteoritos, esta hipótesis no resuelve el problema, simplemente lo traslada a otro tiempo y lugar.

Para explicar científicamente el origen de la vida en la Tierra es necesario determinar el origen de las moléculas orgánicas complejas a partir de las sustancias simples existentes en la Tierra primitiva. La probabilidad de formación de moléculas orgánicas complejas por el simple azar es muy pequeña porque la entropía del Universo aumenta continuamente. Pero su probabilidad de síntesis espontánea aumenta si las primeras moléculas orgánicas eran mucho más simples que las actuales y las reacciones químicas tendían a producir esas moléculas, en condiciones muy distintas a las actuales. Hace varios miles de millones de años la Tierra probablemente presentaba un ambiente químico favorable, con energía abundante y continua, disponibilidad de carbono y otros elementos claves, abundancia de agua, un excelente solvente, y grandes cantidades de hidrógeno y de sus compuestos, que formaban una atmósfera reductora o parcialmente reductora. El inicio del enfoque científico del problema del origen de la vida se debe al bioquímico ruso Alexandr Ivanovich Oparin y al británico John Burdon Sanderson Haldane, que independientemente sostuvieron ideas similares. Una condición indispensable para la evolución de la vida a partir de materia orgánica no viva fue la existencia de una atmósfera sin oxígeno libre, porque los compuestos orgánicos no podrían ser estables en una atmósfera oxidante (con O<sub>2</sub>).

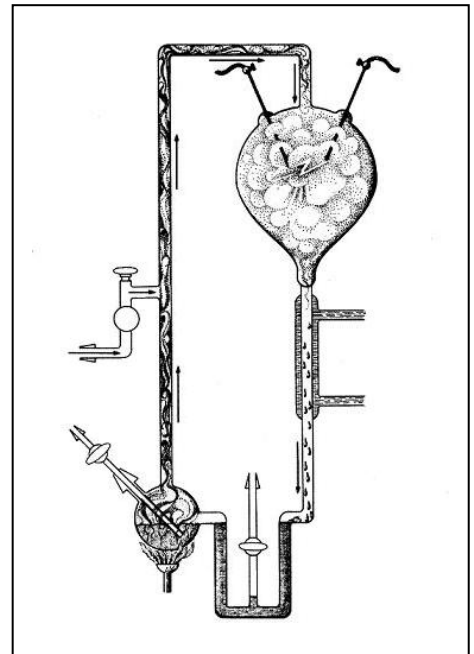


Alexander Oparin postuló en 1924 que las primeras moléculas orgánicas se formaron en la atmósfera primitiva reductora de la Tierra a partir de compuestos de carbono y nitrógeno y que las moléculas orgánicas evolucionaron (*evolución prebiótica*) reuniéndose en sistemas que fueron haciéndose más complejos y quedaron sometidos a la evolución. Los océanos contenían abundantes compuestos orgánicos disueltos. Esas moléculas se fueron agrupando en mayores y éstas en complejos temporales. Esta visión del origen de la vida se conoce como la *sopa primordial*.

Alguno de esos complejos se convirtió en un *protobionte*, estado intermedio entre la evolución química y las formas claramente biológicas, tras adquirir una serie de propiedades, mediante las cuales podía aislarse e introducir en su interior ciertas moléculas que le rodeaban y liberar otras, pero sin capacidad de replicación idéntica. El metabolismo, reproducción y crecimiento habrían aparecido después que el protobionte adquiriera la capacidad de absorber e incorporar moléculas a su estructura, hasta poder separar porciones de sí mismo con iguales características.

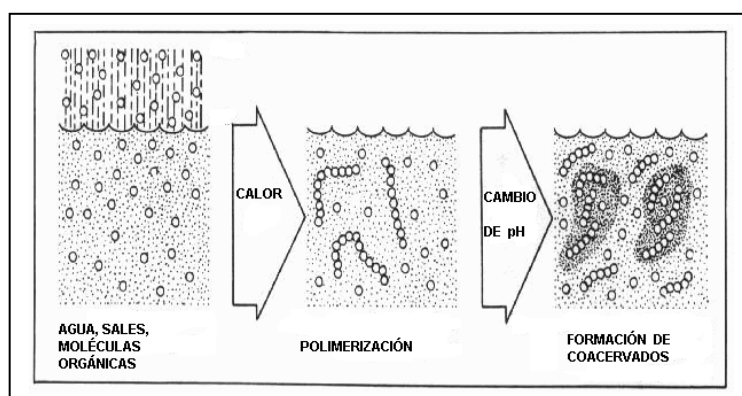
En 1953, las ideas de Oparin inspiraron a Stanley L. Miller y a Harold C. Urey a realizar un experimento en el que simulaban las condiciones primitivas de la Tierra en un aparato hermético en el cual circulaba una mezcla de gases que imitaba una atmósfera primitiva reductora y que mediante electrodos fue sometida a descargas eléctricas a modo de relámpagos. Dentro del circuito cerrado se hervía agua y se condensaba repetidas veces.

En su mezcla de gases, Stanley Miller y Harold Urey utilizaron varios compuestos simples (amoníaco, hidrógeno molecular, vapor de agua y metano), que generaron moléculas orgánicas pequeñas como cianuro de hidrógeno y formaldehído, las que en solución acuosa experimentaron reacciones a partir de las cuales en una semana formaron moléculas orgánicas más complicadas, tales como aminoácidos (glicina, alanina, por ejemplo), azúcares, ácidos grasos, ácidos orgánicos (acético, láctico), urea y bases nitrogenadas, moléculas fundamentales para los organismos vivos y producidas habitualmente solo por los seres vivos.



De esta manera, Stanley L. Miller y Harold C. Urey demostraron que es posible obtener fácilmente moléculas orgánicas a partir de compuestos químicos sencillos, lo cual significó cierta confirmación de las ideas de Oparin y Haldane. Este experimento marcó un hito en el desarrollo de las teorías sobre el origen de la vida. Posteriormente muchos otros investigadores realizaron experimentos similares incluso ampliados y más elaborados, obteniendo moléculas orgánicas más complicadas y en mayores cantidades, siempre con la idea de su formación a partir de compuestos sencillos que se encontraran bajo condiciones físicas y químicas similares a las que prevalecían en la Tierra primitiva. Con los años, en experimentos sucesivos con gases y diversas sustancias bombardeadas con rayos ultravioletas y rayos X, los cuales se suponía que existían en la superficie de la Tierra primitiva debido a la ausencia de oxígeno libre atmosférico, se logró obtener una amplia variedad de compuestos, tales como azúcares, glicerol, aminoácidos, polipéptidos, ácidos grasos, bases púricas y pirimídicas, nucleótidos y porfirinas. En algunos experimentos se simularon condiciones más secas y temperaturas elevadas, analizando la posibilidad del origen de los primeros sistemas biológicos en tierra firme o en los límites del océano primitivo.

Las moléculas simples debieron polimerizarse formando macromoléculas (polipéptidos, polisacáridos, lípidos, polinucleótidos) tras la eliminación de agua. En la década de 1950, Stanley Fox demostró que mezclas de aminoácidos diluidas sometidas a altas temperaturas sobre arena, roca o arcilla caliente, polimerizan formando *proteinoideas*, estructuras formadas por frecuencias no aleatorias de aminoácidos y con actividad catalítica. La polimerización de las moléculas orgánicas durante el origen de la vida pudo ocurrir por la participación de cianamida, ciertos tipos de arcillas que pudieron actuar como moldes, calor, polifosfatos inorgánicos y otros agentes condensantes, actuando algunos iones como catalizadores.



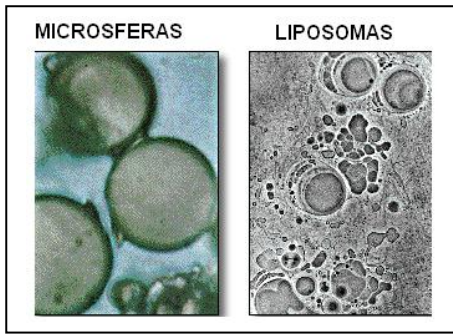
John Corliss sugirió que la vida pudo surgir en océanos poco profundos como consecuencia de la erupción de magma a través de grietas de la corteza terrestre.



Estos chorros submarinos calientes habrían actuado como reactores químicos de flujo continuo. En ellos el agua se calienta a unos 600° C, se extrae carbono de las rocas y por reacciones con el hierro ferroso se produce un fluido reducido con metano e hidrógeno. El fluido se mezcla con el agua marina y se enfría, lo cual puede llevar a la síntesis de monómeros de alta energía. La arcilla extraería y acumularía materia orgánica. Según el Dr. León Garzón Ruipérez los ambientes más propicios para la síntesis prebiótica habrían sido los depósitos de Uranio que existieron entre hace 2.500 y 4.000 millones de años. Debido a las especiales propiedades de ese elemento, liberador de radiación gamma intensa y emisión alfa localmente copiosa, los depósitos de uranio se habrían comportado como una fuente calorífica oscilante, con períodos calientes y secos seguidos por períodos templados o fríos y húmedos, lo cual habría ayudado a la polimerización.

Muchos compuestos orgánicos existen bajo dos estructuras (isómeros ópticos o enantiómeros), siendo un isómero la imagen especular del otro. En las células vivas cada sustancia se encuentra en una de estas formas, por ejemplo se metabolizan azúcares de la serie D y se utilizan aminoácidos de la serie L, pero en los experimentos de síntesis inorgánica se obtienen mezclas de ambos tipos. Ello produce problemas en la polimerización, porque por ejemplo si se desea la polimerización de las ribosas partir de una mezcla de ambas formas, la síntesis del polímero no se produce porque el isómero L impide el crecimiento de una cadena de enantiómeros D, y viceversa. Se debate si durante el origen de la vida se seleccionaron los isómeros en forma casual, arbitraria y accidental a partir de las mezclas, o bien si influyó en su selección una pequeña diferencia de ambas formas. Algunos investigadores sugieren que el origen de la vida comenzó en un ambiente de moléculas asimétricas, otros han buscado mecanismos hipotéticos de amplificación que hicieran que se pasara de las mezclas de isómeros al predominio de uno de ellos.

Las estructuras precelulares debieron tener características que después se desarrollaron en las células. Su eficiencia debió ser baja pero no competían con formas avanzadas, bastaba que fuesen capaces de crecer, mantener su individualidad y dividirse. Estructuras muy simples presentan estas características: los *coacervados* de Oparin, las *microesferas* de Fox y los *liposomas*. Los coacervados aparecen al separarse espontáneamente las partículas coloidales dispersas en una solución, formando pequeñas gotas en condiciones especiales de acidez y temperatura. Son simples pero su organización es constante, pueden aumentar de tamaño, en su interior se producirían reacciones químicas y algunos pueden mantenerse en solución bastante tiempo. Muchos se destruirían, pero habría otros estables.



Las *microesferas* son esféricas a modo de vesículas de algunos micrómetros, rodeadas por una membrana semipermeable formada por aminoácidos no polares con proteínas disueltas en su interior. Se originan a partir de *proteínoides*. Los *liposomas* son gotas lipídicas que se habrían formado a modo de burbujas por el viento, olas y lluvia.

Los coacervados y microsferas poseen una superficie de delimitación proteica. Para delimitar la unidad precelular fue importante la aparición de una superficie, que posteriormente se desarrolló en la membrana plasmática de las primeras células. En principio, los iones y moléculas contenidos en la estructura precursora debieron ser los mismos que los del medio circundante, el marino. Al surgir en la superficie delimitadora la propiedad de permeabilidad selectiva, aparecieron los gradientes de sustancias. Habrían contribuido a este proceso la adsorción y el autoensamblaje de lípidos. El pequeño tamaño de las gotas pudo permitir que ocurrieran cadenas y redes de reacciones químicas, en las que los productos de una reacción actuaban como substratos de otras. Algunos modelos explican la adquisición de mayor complejidad respecto al medio externo mediante el enriquecimiento de una serie de compuestos orgánicos por adsorción en superficies de ciertos minerales relativamente frecuentes, como silicatos, derivados del ácido silícico, pirita. La incorporación de estas sustancias en las microsferas pudo llevar a la formación de estructuras definidas limitadas por membrana.

Las estructuras precelulares (coacervados, microsferas u otras) pudieron ser sometidas a cierta clase de selección, dado que presentaban ciertas condiciones particulares: habrían sido los primeros individuos diferenciables y químicamente heterogéneos. Formaban parte de poblaciones, en el interior de las cuales existían diferencias individuales en la eficiencia de sus propiedades para absorber, transformar materiales y realizar intercambios con el ambiente externo. Con el tiempo la selección pudo incrementar su eficacia y duración permitiendo la absorción de energía externa, conservarla y movilizarla de acuerdo con sus capacidades y necesidades. Se habría formado así un sistema abierto, en equilibrio de flujo. Cada uno de los sistemas de este tipo se habría destruido espontáneamente, como las pompas de jabón. Para poder salir de esta fase en algún momento debió desarrollarse un mecanismo capaz de almacenar información que llevase a replicarse fielmente y producir un determinado plan de organización. Se debe descartar a la molécula que cumple esa función actualmente, el ADN, dada su complejidad estructural.

Un problema especial es la complejidad y difícil síntesis de los ácidos nucleicos (ARN y ADN). ¿Hubo un mecanismo previo diferente de mantención de la información genética?. El profesor Graham Cairns-Smith, de la Universidad de Glasgow, conjetura una fase de evolución mineral como precursora de la vida orgánica: la microestructura de las arcillas tendría la capacidad de producir un proceso de selección que podría llevar a la creación de densidades y estructuras de moléculas orgánicas, favoreciendo su reproducción. Los materiales arcillosos presentan una estructura formada por capas sedimentarias diminutas que forman delgadas capas cuyo orden y disposición pueden ser copiados por nuevas partículas adheridas. Según Graham Cairns-Smith, tales estructuras sirvieron como plantillas moleculares para diversas sustancias, organizándolas según diversos modelos y ayudándolas a replicarse. Una vez que los sistemas prebiológicos hubiesen comenzado a formar ARN, los ácidos nucleicos habrían reemplazado a las arcillas como material genético.

El protobionte podría considerarse como una primera etapa en la formación de las primeras células. Su tamaño, forma y contenido pudieron ser variables. El siguiente paso habría sido el surgimiento del *progenote*, capaz de reproducirse en forma idéntica. Posiblemente las primeras estructuras de tipo *progenote* se formaron a partir de los protobiontes hace unos 3.800.000.000 a 3.500.000.000 millones de años, y contenían ARN como material genético. En ese momento habría comenzado a funcionar la selección natural tal como la conocemos, y el proceso evolutivo propiamente biológico de mutación – selección.

Una dificultad es la interrelación entre proteínas y ácidos nucleicos: hoy sin proteínas no hay ácidos nucleicos y sin ácidos nucleicos no hay proteínas. No se sabe cómo se desarrolló el mecanismo de la traducción al lenguaje aminoacídico de las proteínas, puesto que tanto replicación (paso de información de ADN a ADN) como transcripción (paso de información de ADN a ARN) y traducción (paso de información de ARN a proteínas) requieren proteínas (enzimas), las que se forman a partir de instrucciones contenidas en ácido nucleico. Algunos sugirieron que los dos tipos de moléculas evolucionaron unas dependiendo de las otras, pero la interrelación entre ácidos nucleicos y proteínas es tan compleja que es poco probable. Un grupo de investigadores encontró una respuesta al demostrar experimentalmente que ciertas moléculas de ARN (ribozimas) son muy versátiles. Presentan zonas apareantes y no apareantes, que les permiten adoptar formas variadas y complejas, puede transmitir información al replicarse (función informativa) y su estructura le puede otorgar funciones catalizadoras (función catalítica), pueden reproducirse a sí mismas, pueden autocatalizarse y catalizar reacciones químicas con otras moléculas, pueden construir proteínas o degradarlas, pueden realizar muchas reacciones metabólicas sin participación de proteínas.

Estos descubrimientos llevaron a Manfred Eigen y a Walter Gilbert a proponer el “*mundo del ARN*”, en el cual los principales procesos de síntesis y replicación de moléculas orgánicas se basan en la química del ARN. Según Gilbert, posteriormente a este mundo de ARN se incorporaron las proteínas, estableciéndose una interrelación cada vez más compleja. De este modo, primero fueron los ácidos nucleicos (ARN y ADN), después las proteínas. El progenote pudo haberse formado por la unión de moléculas lipídicas que formaron micelas, en cuyo interior había mezclas de ribozimas. Probablemente se generaron inicialmente muchos tipos diferentes de ribozimas, pero sobrevivieron en el caldo original solo las más eficientes en su interacción con otras moléculas, más estables y que se replicaron con eficacia. Las primeras síntesis de proteínas pudo haberse producido con una ribozima como molde y otra como transportadora de aminoácidos y algunos polipéptidos pudieron ayudar al proceso. Manfred Eigen y sus colaboradores realizaron experimentos que mostraron la aparición espontánea y desarrollo de una organización biológica en un tubo de ensayo, al producir una molécula polimérica de ácido nucleico que se replica y muta a partir de una solución simple de monómeros de nucleótidos. Leslie Orgel realizó experimentos complementarios, en los cuales demostró que bajo determinadas condiciones los monómeros de nucleótidos se polimerizan formando ARN existiendo un molde de ARN pero sin que existan enzimas. Descubrió que los iones de zinc son catalizadores para la síntesis de ARN. Eigen sintetizó ARN sin molde y utilizando una enzima, Leslie Orgel lo hizo utilizando un molde, pero sin enzima. La mayoría de los investigadores piensa que el ADN surgió evolutivamente a partir del ARN, después de que la síntesis de proteínas se realizaba codificada completamente en un mundo de ARN. Actualmente, en los virus con ARN tal codificación genética ocurre en el ARN, porque todos los virus tienen un solo tipo de ácidos nucleicos, los virus con ARN carecen de ADN. El reemplazo del ARN por ADN como molécula básica en el almacenamiento de la información genética tuvo la ventaja de ser una molécula más estable y con posibilidades de replicación más precisa, así como mecanismos de reparación de errores.

El modelo del mundo del ARN es una *teoría génica del origen de la vida*, explica el origen de la replicación genética; a diferencia de los modelos de Oparin y Fox, que corresponden a *teorías proteicas del origen de la vida*, centradas en el origen del metabolismo. Freeman J. Dyson propuso que el origen de la vida fue doble, sugiriendo que las hipótesis de Oparin y de Eigen tienen sentido si se interpretan en conjunto en una *teoría del origen doble*, combinándose ventajas y eliminándose debilidades. Primero habrían aparecido células con metabolismo funcional pero sin un aparato genético, incapaces de evolucionar más allá de un nivel muy simple. Después surgió la célula con una maquinaria genética que permitió la evolución de vías metabólicas ajustadas con precisión.

Las primeras células que surgieron fueron las procarióticas, grupo representado por las bacterias comunes y cianobacterias. Se encuentran sus primeros restos fósiles en depósitos de hace 3.000 a 3.500 millones de años, que forman las columnas conocidas como *stromatolitos*. Se trata de depósitos de rocas sedimentarias formadas por numerosas láminas superpuestas. Cada capa corresponde a poblaciones densas de células eucarióticas, generalmente cianobacterias, alrededor de las cuales se han depositado partículas minerales. Los primeros organismos habrían sido anaerobios y heterótrofos, conseguirían sus nutrientes a partir de moléculas orgánicas sintetizadas químicamente. La proliferación de los primeros ancestros *anaerobios heterótrofos* debió llevar al empobrecimiento del medio, favoreciendo la supervivencia de los sistemas que utilizaban como fuente de energía al  $\text{Co}_2$  y la luz, *autótrofos fotosintetizadores*, capaces de sintetizar las moléculas orgánicas que necesitaban en forma mucho más efectiva.

Aparentemente las primeras células fotosintetizadoras surgieron hace unos 3.000 millones de años, probablemente utilizaban sulfuro de hidrógeno en lugar de agua, siendo los antepasados directos de las actuales bacterias verdes del azufre, que utilizan la luz para transferir protones ( $\text{H}^+$ ) y electrones desde el sulfuro de hidrógeno al NADPH, creando el poder reductor que se requiere para fijar el carbono.

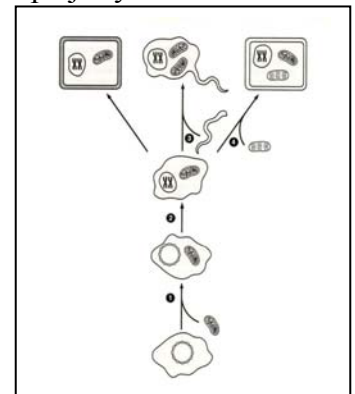
Hace unos 3.000 millones de años ciertos organismos fotosintetizadores, las cianobacterias, comenzaron a utilizar el agua produciendo una verdadera revolución, pudieron invadir diversidad de ambientes y desprendieron el oxígeno que fue transformando a la atmósfera en oxidante. El oxígeno desprendido por los fotosintetizadores comenzó a acumularse en la atmósfera y debió matar a muchos organismos. A partir de ese momento si los precursores químicos de la vida hubiesen aparecido en la atmósfera habrían sido destruidos inmediatamente por oxidación. Comenzó una selección natural que favoreció a las células que desarrollaron formas de escapar al oxígeno dañino y aparecieron los organismos *aerobios*, con capacidad de utilizar al oxígeno y que realizan un metabolismo energéticamente más rentable que los anteriores anaerobios.

El origen de los virus es un aspecto relacionado con el origen de la vida que no está completamente resuelto. Básicamente los virus corresponden a una molécula de ácido nucleico (ADN o ARN) envuelta por una cápsula proteica. Todos los virus son parásitos obligados de las células, porque carecen de las propiedades de reproducción autónoma y de metabolismo. Su estructura muy simple llevó algunos a suponer que podrían ser representantes actuales poco modificados de los primeros seres vivos que existieron sobre la Tierra.

Otra posibilidad es que sean productos tardíos de la evolución, a partir de células organizadas. Se han propuesto dos posibilidades: que sean productos de la evolución regresiva de bacterias como consecuencia del parasitismo, o que correspondan a material genético libre, que ha logrado cierta independencia de la célula. Esta última hipótesis ganó credibilidad con el descubrimiento de los retrotransposones, que son familias de elementos genéticos transponibles similares a los retrovirus y que en opinión de algunos investigadores podrían ser formas precursoras de ciertos virus. Según la hipótesis modular del origen de los virus, éstos se originarían mediante recombinación de módulos funcionales básicos celulares. Cada módulo codificaría una o un grupo de proteínas con una función y habrían formado al azar combinaciones capaces de cierta autonomía funcional respecto a la célula.

Otro acontecimiento importante relacionado con el origen de la vida fue la aparición de las células eucarióticas, mil veces mayores que las bacterias y provistas con nuevas estructuras y propiedades funcionales, como la reproducción sexual y la construcción de organismos pluricelulares. Actualmente se acepta la hipótesis de la *simbiogénesis* o *endosimbiosis* en serie, estudiada y defendida principalmente por Lynn Margulis. Según esta hipótesis, varias células de tipo procarionte se integraron a vivir en el interior de otras, originando células más grandes, complejas y eficientes.

Según esta hipótesis, una primera línea estaba formada por protoeucariontes, unicelulares procarióticos depredadores fagocitarios y anaerobios. Una segunda línea de bacterias aerobias, antepasadas directas de las actuales bacterias rojas o rodobacterias, fue fagocitada por el protoeucarionte y sobrevivió en su interior, originando a las mitocondrias.



Luego se incorporó una tercera línea de células procarióticas, posiblemente bacterias del tipo de las espiroquetas, que habría llevado filamentos de tubulina en su interior y que se habría transformado evolutivamente en el centríolo, dando origen también a los cilios y flagelos. La última incorporación habría correspondido a cianobacterias o cloroxibacterias, que habrían originado a los plastidios (leucoplastos, cromoplastos, cloroplastos). Es posible que también tengan origen endosimbiótico los microcuerpos. Las principales pruebas que apoyan a la hipótesis de la endosimbiosis en serie provienen de diferentes fuentes que demuestran las grandes semejanzas entre las mitocondrias y los cloroplastos con las bacterias, entre ellas la existencia de ADN circular no asociado a proteínas, ribosomas pequeños y semejanzas en proteínas como el citocromos c.

**BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Oparin (1960), Lazcano-Araujo (1983), Margulis (1988), Shapiro (1989), Cairns-Smith (1990), Montero, Sanz y Andrade (1993), Peretó (1994), Domingo (1994), Garzón (1996), Dyson (1999)

**SITIOS DE INTERNET**

[http://www.resa.net/nasa/origins\\_life.htm](http://www.resa.net/nasa/origins_life.htm)

<http://www.iih.com/doc/doc200209200300.html>

[http://www.masuah.org/el\\_origen\\_de\\_la\\_vida.htm](http://www.masuah.org/el_origen_de_la_vida.htm)

<http://www.monografias.com/trabajos10/lazca/lazca.shtml>

## ACTIVIDADES

8.1. Elabora un mapa conceptual con los siguientes términos: anaerobio, aerobio, evolución prebiótica, sopa primordial, protobionte, coacervado, heterótrofos, autótrofo mundo del ARN, progenote, teoría génica del origen de la vida, microsferas, proteinoide, teoría proteica del origen de la vida, fotosintetizador. Coloca las palabras adecuadas necesarias para unir los conceptos. Recuerda que para elaborar un mapa conceptual se deben colocar los conceptos en orden desde lo más general a lo específico, creando ramificaciones mediante líneas que indican relaciones y colocando sobre las líneas las palabras que indican el tipo de relación entre los conceptos.

8.2. Explica la importancia del experimento de Stanley Miller. ¿Podría repetirse este experimento utilizando una muestra de gases atmosféricos actuales de la Tierra?. Justifica tu respuesta.

8.3. ¿Por qué las discusiones sobre el origen de la vida son más especulativas que las que se realizan en otros temas evolutivos?

8.4. Identifica las presiones selectivas que pudieron intervenir en las siguientes situaciones: a) formación de una membrana selectivamente permeable, b) desarrollo del metabolismo respiratorio, c) desarrollo de procesos fotosintetizadores.

8.5. Compara la estructura del ARN (o RNA) con la del ADN (o DNA). Explica cómo cada una de las diferencias de estas dos clases de moléculas explica por qué se dio la transición de guardar la información en el ADN, después de haberse conservado originalmente en el ARN.

8.6. ¿Qué diferencias hay entre las hipótesis de Oparin y Haldane y las antiguas ideas acerca de la “generación espontánea”? Si los organismos se originaran individualmente mediante generación espontánea, ello sería un apoyo al evolucionismo o al creacionismo directo?

8.7. Indica a qué hipótesis respecto al origen de los virus apoyan los siguientes hechos:

- a) Existe cierta identidad de secuencia de aminoácidos en las proteínas de virus aparentemente muy poco relacionados entre sí.
- b) El agente causante de la psitacosis era antiguamente considerado como un virus, hasta que se descubrió que se trataba de una pequeña bacteria parásita muy simple (Clamidia).



c) En las células existen los llamados “genes saltarines” o transposones, que son capaces de cambiar su ubicación dentro del material genético.

d) Los grupos de virus que parasitan a los animales son generalmente muy distintos de los que parasitan a vegetales y son más parecidos a partes del genoma de la célula huésped.

8.8. Discute de qué manera afectan a la evaluación del origen evolutivo de los virus los siguientes hechos: a) existen virus que tienen material genético formado por ADN y otros por ARN; b) el material genético viral debe ser capaz de protegerse de enzimas celulares (nucleasas) que pudieran destruirlos. c) los virus son capaces de tomar parte del material genético celular, integrarlo a su organización y transferirlo a otra célula.

8.9. ¿Puede estarse formando nuevamente la vida en algún lugar de nuestro planeta a partir de la evolución química?. Justifica tu respuesta.

8.10. Según la hipótesis de Oparin en los primeros tiempos del origen de la vida se formó un “caldo biológico” o “sopa primitiva”, en la que se acumularon las moléculas orgánicas precursoras de los seres vivos. ¿Por qué tal caldo no se pudo formar?.

8.11. ¿Qué evidencias existen de que toda la vida en la Tierra tenga un solo origen?

8.12. Cuando se divulgaron los experimentos realizados por Stanley Miller y Harold Urey los cables y comentarios de los periódicos aseguraban que se estaba a punto de crear vida artificialmente. ¿Qué comentarios harías a ese anuncio?.

8.13. ¿Por qué cualquier explicación sobre el origen de la vida en la Tierra que asuma la creación especial de la vida cae fuera del campo de la Ciencia?.

8.14. Describe las condiciones que se estima que existían en la Tierra antes del surgimiento de la vida.

8.15. Compara las principales hipótesis relativas al origen de la vida sobre la Tierra, destacando las fortalezas y debilidades de cada una.

8.16. Diversos investigadores, incluyendo a Haldane, sugirieron que las células surgieron evolutivamente a partir de virus. Explica por qué tal hipótesis es poco probable.

- 8.17. ¿Por qué se supone que los primeros organismos fueron heterótrofos anaerobios?
- 8.18. ¿Cómo evolucionaron a lo largo de la historia de la vida sobre la Tierra las formas de nutrición de los seres vivos?
- 8.19. Explica la hipótesis de la endosimbiosis en serie para explicar el origen de las células eucarióticas.
- 8.20. ¿En qué aspectos se asemejan en qué aspectos se diferencian los coacervados y microsferas a las células?.
- 8.21. ¿Por qué son poco satisfactorias las hipótesis que sugieren que la vida en nuestro planeta se originó a partir de sistemas biológicos provenientes de otras partes del Universo?

## MÓDULO NÚMERO 9: EVOLUCIÓN HUMANA

**PALABRAS CLAVE:** Primates, bipedestación, hominización, *Orrorin tugenensis*, *Ardipithecus ramidus*, *Australopithecus anamensis*, *Australopithecus afarensis*, *Australopithecus bahrelghazali*, *Australopithecus garhi*, *Australopithecus africanus*, *Paranthropus aethiopicus*, *Paranthropus robustus*, *Paranthropus boisei*, *Sahelanthropus tchadensis*, *Kenyanthropus platyops*, *Kenyanthropus rudolfensis*, *Homo habilis*, *Homo ergaster*, *Homo georgicus*, *Homo erectus*, *Homo antecessor*, *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis*, *Homo sapiens*.

### LECTURA

El origen de la especie humana ha sido objeto de especulaciones filosóficas e investigaciones científicas desde hace mucho tiempo. El tema fue objeto de gran atención desde que se plantearon las ideas evolucionistas por primera vez. Los científicos que admitían la teoría de la evolución encontraron natural que éste fuese su origen, aunque algunos supusieron la participación de algún factor especial porque consideraban al ser humano como diferente a todos los demás seres vivos, consideraban a la inteligencia humana como el producto de una fuerza que progresaría unidireccionalmente hacia el perfeccionamiento, al margen de las circunstancias ambientales.

Dado el origen común de todas las formas vivas de nuestro planeta, el origen del ser humano se remonta obviamente hasta las primeras formas de vida unicelulares microscópicas de hace unos 3.500 millones de años. Pero cuando se plantea el origen del hombre se entiende que se busca el origen de las características propias del ser humano y no es necesario remontarse hasta tan lejos, sino que solamente a los últimos millones de años, cuando se originó la línea evolutiva de los homínidos a partir de antiguos monos de grupo de los antropoides.

Popularmente se atribuye a Charles Darwin la idea del origen simiano del hombre, sin embargo la estrecha afinidad del ser humano con los monos y su posible origen a partir de éstos son ideas muy antiguas. En el año 460 a.C., el navegante cartaginés Hannón relató haber llegado a una isla poblada por hombres salvajes llamados gorilas, en la costa africana. Según Plinio, las pieles de tres de estas “mujeres salvajes” capturadas por Hannón se conservaron en el templo de Juno Astarté en Cartago y podían admirarse en la época de la conquista romana. En su “*Historia Natural de los animales*”, el naturalista griego Aristóteles escribió que “*Algunos animales tienen una naturaleza intermedia entre la del hombre y la de los cuadrúpedos, como, por ejemplo, los monos, los cebos y los cinocéfalos*”.

Entre los años 150 y 200, el anatomista y médico griego Claudio Galeno hizo disecciones en el mono de Berbería (*Macaca inuus*) y reconoció la estrecha similitud anatómica entre el ser humano y los simios, a quienes consideraba “copias cómicas” de hombres. En su “*Historia de los Animales*”, Eliano de Preneste se refería a los langures (*Presbytis entellus*) indicando que están “dotados de inteligencia humana”. En 1615 y 1616, el médico italiano Lucilio Vanini (1500-1619) expuso en sus obras “*Amphitheatrum...*” y “*De admirandis naturae... arcanis*”, que el ser humano surgió de los monos, idea por la cual murió torturado y quemado en Toulouse.

El anatomista Nicolaus Tulp (1593 – 1674) realizó la disección de un antropoide que denominó *Homo sylvestris*, “hombre selvático” o “sátiro índico”, que provenía aparentemente de Angola y debió tratarse de un chimpancé. En 1646, el médico Jakob de Bondt (que escribió como Bontius y vivía en Java), describió a los orangutanes en su libro “*De medicina Indorum*”. Dijo que marchan como los humanos y advirtió que lo único que les falta para ser humanos es la palabra. El inglés Edward Tyson (1650-1708) publicó en 1699 una monografía sobre el chimpancé llamada “*Orang-Outang, sive Homo sylvestris*” en la que escribió: “*Nuestro pigmeo no es un hombre, ni tampoco un simio común, sino un tipo intermedio de animal*”.

La clasificación de Georges Cuvier ubicaba al ser humano en un orden especial de mamíferos, los bimanos (“con dos manos”), nominado así por contraste con los cuadrúmanos (“con cuatro manos”), ubicando a este segundo orden, que incluía a los monos, en una posición inmediatamente inferior.

En 1735, el naturalista Carl von Linné clasificó a las especies según sus afinidades físicas, e incluyó al ser humano en el orden de los “Antropomorfos”, en su obra “*Systema naturae*”. Creó el género *Homo* para agrupar a cuatro especies de humanos: europeo blanco, americano rojo, asiático pardo y africano negro. Los otros dos géneros de Antropomorfos eran *Simia*, los monos, y *Bradypus*, perezosos. Carl von Linné escribió en su tratado sobre “*Anthropomorphae*”: “*Habrà quien piense que entre el hombre y el mono existe una diferencia mayor que entre el día y la noche; más cuando se compara a un primer ministro europeo, altamente ilustrado, con un hotentote del Cabo de Buena Esperanza, le costaría a uno trabajo creer que ambos tienen el mismo origen...*”. En el manuscrito original se encuentra una frase que eliminó antes de pasar a la imprenta, en la que sugiere que quizás los hotentotes sean híbridos entre seres humanos y monos antropoides. En la décima edición de su “*Systema naturae*”, publicada en 1758, Carl von Linné reemplazó a su orden “Antropomorfos” por el de “*Primates*”.

En el género *Homo*, Linné incluyó a dos especies: *Homo sapiens* y *Homo troglodytes*. Supuso que este último habría vivido en los bosques, llevando una vida nocturna y comunicándose mediante silbidos. Según Linné, las uñas planas del chimpancé y la falta de membranas en sus ojos son peculiaridades comunes al chimpancé y al ser humano. Creía que en territorios lejanos existían antropoides capaces de articular palabras, razonar y hasta de tener piedad religiosa. En una nota, se refirió al *Homo caudatus* (“hombre provisto de cola”), aunque se mostró indeciso de considerarlo como otra especie humana.

A fines del siglo XVIII la idea del origen simiesco del ser humano era tan común, que el filósofo G. Herder protestó en 1784 contra esta “*deshonrosa atribución de origen*”, en “*Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit*”. En la misma época, Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840) defendía la “*dignidad del hombre*”, resaltando sus diferencias anatómicas con los monos antropoides. Jean Lamarck explicó la aparición del ser humano desde los simios. En 1809, en su “*Philosophie Zoologique*”, opinó que debido a la disminución de los bosques un antropoide debió abandonar la vida arbórea y comenzó a caminar sobre dos pies, lo que modificó la columna vertebral, músculos, pies, manos, mandíbulas, dientes y cerebro. En condiciones de vida social, apareció el lenguaje articulado.

Actualmente se incluye al ser humano en el orden Primates, con unas 200 especies vivientes, conocidas como lémures, tarsios, monos, antropoides y humanos. Con escasas excepciones, los primates actuales viven en zonas intertropicales, de clima cálido y hábitat boscoso. Se caracterizan por un conjunto de unos 30 rasgos, adaptados fundamentalmente en tres aspectos: facilidad en el desplazamiento arbóreo, cerebro desarrollado asociado a la visión aguzada y cuidado de las crías.

Los modos de desplazarse entre los árboles de los Primates son variados según las especies: colgándose de las ramas, trepando, caminando sobre ellas, saltando. Sus adaptaciones para la vida arbórea incluyen clavícula curvada en S, movilidad del hombro, radio y cúbito móviles entre sí, manos y pies prensiles con el pulgar, el primer dedo del pie, o ambos, a menudo oponible, uñas planas y almohadillas sensitivas en los dedos, con huellas dactilares con capacidad prensil y tacto fino. Dada sus características estructurales, el brazo puede rotar describiendo un círculo completo y puede realizar amplios movimientos colocando las palmas hacia arriba o hacia abajo.

El cerebro de los primates es proporcionalmente muy grande en relación al tamaño corporal. Los ojos son grandes, cercanos entre sí, ubicados frontalmente y rodeados por un anillo óseo completo. La visión es el sentido predominante, es tricrómica y estereoscópica, lo cual le da una gran profundidad de campo. La visión estereoscópica es útil para determinar distancias en los desplazamientos arbóreos, el cerebro desarrollado permite dominar las complejidades de la vida arbórea. El olfato es en general deficiente y los lóbulos olfatorios del cerebro están reducidos. Son generalmente omnívoros, se alimentan de vegetales e insectos y otros animales pequeños, aunque algunos son predominantemente frugívoros y otros se especializan en una dieta de hojas y brotes. Tienen entre 18 y 36 dientes. Dos mamas pectorales, ciclo menstrual en las hembras. Tienen pocas crías cada vez, a las que dedican cuidados.

La historia de los primates se conoce desde fines del Mesozoico (Cretácico superior), hace más de 65 millones de años. Los primeros eran pequeños, de aspecto lemuroideo o tarsioideo y se expandieron por Norteamérica y Europa. Hacia fines del Eoceno, hace 54 millones de años, surgieron en los trópicos del norte de África y Arabia los monos más antiguos conocidos, cuadrúpedos del tamaño de un macaco pequeño, arborícolas, que vivían en selvas tropicales junto a deltas y ríos.

Hace unos 15 millones de años, en el Mioceno medio, se produjeron importantes cambios climáticos globales, que en África llevaron a la formación de un nuevo ambiente, la sabana arbolada. Algunos simios abandonaron la selva ecuatorial y se expandieron hacia Eurasia a través de una vía terrestre formada tras la colisión de Asia y África. Aunque se han encontrado numerosos huesos y dientes fósiles, sus formas de vida y sus relaciones constituyen hoy un tema muy debatido. El simio fósil *Sivapithecus* comparte muchos rasgos con el actual orangután, y probablemente fue su antecesor. No hay pruebas concluyentes para ubicar a alguna de estas formas fósiles en la línea evolutiva que conduce a los humanos, pero hay varios que son objeto de una atención particular, tales como *Proconsul*, *Equatorius*, *Kenyapithecus*, *Ouranopithecus*, *Morotopithecus*, *Samburupithecus* y *Dryopithecus*.

Dentro del orden Primates, el ser humano pertenece a la familia Homínidos (*Hominidae*). Los sistemas de clasificación tradicionales ubican a los grandes simios (gorilas, chimpancés y orangutanes) en una familia separada, Póngidos (*Pongidae*). Sin embargo, debido a sus cercanías genéticas, los simios africanos se han incluido recientemente en los Homínidos junto al ser humano actual y a sus parientes cercanos extintos.

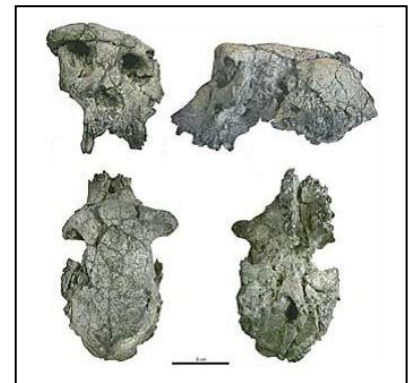
En tal caso, el ser humano pertenece a la subfamilia Homininos (*Homininae*). El proceso evolutivo que produjo las características humanas se denomina *hominización*. Si comparamos al ser humano actual con los chimpancés y gorilas, podemos concluir que la principal característica que define a los Homininos actuales es la postura erguida, que permite la marcha bípeda, fenómeno que se conoce como *bipedestación*. Esta locomoción se asocia con una serie de modificaciones del esqueleto de la columna vertebral, que tiene forma de S; de la pelvis, que es ancha y baja, sosteniendo las vísceras, y de los pies, convertidos en una plataforma plana, con las falanges rectas y cuyo dedo gordo se ha alineado, agrandado y envuelto por ligamentos que lo vinculan a los demás dedos. Los músculos extensores del muslo presentan un gran desarrollo. La bipedestación liberó la mano y redujo la cara. Tenemos los brazos y dedos más cortos que los de los antropoides, salvo el dedo pulgar, que es más largo. El cráneo, transportado hacia lo alto, presenta su agujero occipital desplazado hacia la base. En la cabeza predomina la caja craneana, lo cual se asocia a un cerebro grande.

En la hominización, el volumen encefálico se multiplicó en más de tres veces, lo que puede relacionarse con cambios conductuales. La capacidad craneana de la mayoría de los seres humanos actuales se encuentra entre 1.300 y 1.500 cm<sup>3</sup>. El rostro y el aparato masticador están reducidos, los dientes cubiertos por una capa gruesa de esmalte y dispuestos en círculo, con caninos reducidos y molares proporcionalmente grandes. El ser humano actual se distingue por su notable capacidad de elaborar herramientas e instrumentos muy complejos. Esta facultad no sería posible si las extremidades delanteras, en nuestro caso superiores, no se hubiesen liberado de la función de soportar el peso corporal, al adoptar la posición corporal erguida, tampoco sería posible sin la adecuada estructura de brazos y manos, adaptadas inicialmente para la vida arbórea y sin un gran cerebro capaz de elaborar pensamiento reflexivo.

La comparación de proteínas y ADN de los antropoides africanos con los del hombre actual, sugieren que su separación desde sus ancestros comunes ocurrió hace unos 6 u 8 millones de años. La reconstrucción histórica de la evolución humana durante los últimos 4 a 5 millones de años se ha realizado a partir de descubrimientos paleontológicos y arqueológicos, consistentes en un gran número de fósiles encontrados en diversos sitios de África, Europa y Asia, numerosos utensilios y herramientas de piedra, hueso y madera, restos de fogatas, campamentos y enterramientos. Dada la imperfección del registro fósil, esta reconstrucción histórica está incompleta y existen varios puntos sobre los cuales los paleoantropólogos mantienen diferentes puntos de vista. Sin embargo, cada nuevo hallazgo introduce información que permite ampliar nuestro conocimiento y entregar cada vez un cuadro más amplio y completo.

Antiguamente, la idea sobre la evolución humana era sencilla, como una línea a lo largo de la cual una especie originaba a la siguiente. En los últimos 15 años el panorama se ha complicado por el hallazgo de numerosos, nuevos y más antiguos restos fósiles, que han llevado a la creación de nuevas especies e incluso nuevos géneros. La evolución humana, al igual que la de los demás organismos, ha sido muy ramificada. Las especies reconocidas, los fósiles asignados a ellas y sus relaciones evolutivas, son aspectos muy discutidos entre los especialistas. Ello no es raro, porque muchos hallazgos son fragmentarios o su estado de conservación es deficiente, no se conoce con claridad el rango de variabilidad intrapoblacional de modo que en algunos casos los fósiles que algunos paleoantropólogos consideran como de una misma especie, otros los asignan a especies distintas. Por distintas razones la datación a veces es poco precisa y no hay posibilidad de aplicar el criterio del aislamiento reproductivo, útil para separar especies vivientes. A esto se agrega que la evolución se produce en mosaico, esto significa que mientras algunas características cambian, otras permanecen estables. Por lo tanto, la separación entre las especies que pertenecen o no a un determinado género, por ejemplo *Australopithecus* u *Homo*, se vuelve arbitraria. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas áreas de estudio y el aumento de especialistas dedicados al tema, se ha alcanzado un mejor conocimiento de las especies que forman el pasado evolutivo del hombre y se está empezando a comprender las condiciones y mecanismos de cómo se produjo la evolución del hombre.

En 2002 fue descrito *Sahelanthropus tchadensis*, conocido informalmente como “Toumaï”. Corresponde a un cráneo bien conservado, fragmentos de mandíbula y varios dientes, encontrados al norte de Chad, en el desierto de Djurab. Se le atribuye una antigüedad de entre seis y siete millones de años.



*Sahelanthropus tchadensis* (“Toumaï”), presenta un prognatismo facial moderado, su capacidad craneana, entre 320 y 380 cm<sup>3</sup>, es similar a la de simios como el chimpancé, el arco dental tiene forma de U, el toro supraorbital es prominente, la frente es plana, tiene caninos superiores pequeños, y tanto los caninos superiores como los inferiores tienen desgaste apical. La mandíbula carece de diastema entre el canino y el tercer premolar y el esmalte de los molares y premolares es intermedio entre los del chimpancé y los australopitecos.

La mezcla de caracteres primitivos y avanzados de *Sahelanthropus tchadensis* sugieren su proximidad al antepasado común entre los homínidos y los chimpancés, algunos investigadores suponen su mayor cercanía a la línea humana, sin embargo otros lo consideran antropoide.



Podría indicar que las tendencias evolutivas humanas se produjeron paralelamente en una serie de líneas independientes.



En 2000 un equipo de franceses y keniatas dieron a conocer un fósil de tipo humano datado en seis millones de años. Fue denominado *Orrorin tugenensis*, y es llamado informalmente como el “hombre del milenio”, por el año 2000.

Aún queda por demostrar que el “hombre del milenio” sea un Hominino. Investigadores como Richard Leakey lo consideran que un simio, creen que no hay indicios de que caminara sobre dos extremidades, aunque según sus descubridores, fósiles adicionales y el análisis detallado de los antiguos, probarían que es Hominino.

El más antiguo fósil seguro Hominino es *Ardipithecus ramidus*, descubierto en 1992 en Etiopía, de 4,4 millones de años. Pertenece a la línea humana por la posición del orificio occipital, asociada a la posición bípeda, caninos pequeños, y caracteres de los huesos del brazo. Por otra parte, se asemeja al chimpancé por sus premolares y molares proporcionalmente pequeños, capa de esmalte delgada y características de la articulación mandibular.



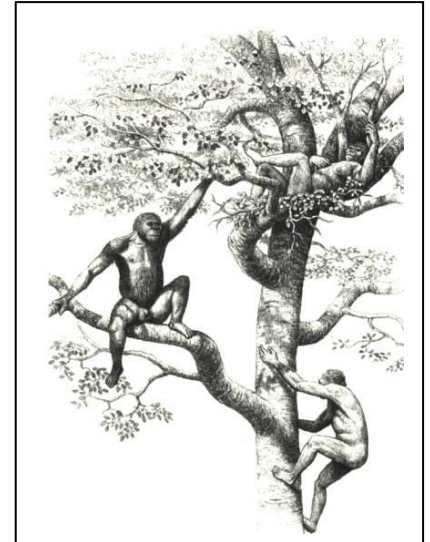
En 1997 y 1998 se encontraron en Etiopía restos de entre 5,6 millones y 5,8 millones de años. Sus dientes tienen más características simianas. Por sus rasgos muy primitivos se le considera como una subespecie ancestral de *Ardipithecus ramidus ramidus*, que recibió el nombre de *Ardipithecus ramidus kadabba*.

La ubicación de estos distintos fósiles en la genealogía humana no está clara. Los especialistas discuten si el antepasado común de humanos y chimpancés es *Sahelanthropus tchadensis*, *Orrorin tugenensis*, *Ardipithecus ramidus*, o una forma similar a alguno de ellos aún no encontrada.

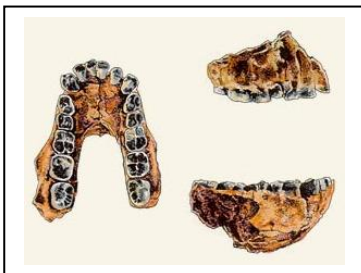


Los siguientes fósiles de tipo humano son los “australopitecos”, que vivieron en el este y sureste de África desde hace más de 4,5 millones de años hasta hace alrededor de un millón de años. Mantenían una postura erguida y su locomoción era bípeda.

Por sus dientes, mandíbulas y tamaño cerebral se han dividido en dos grupos:

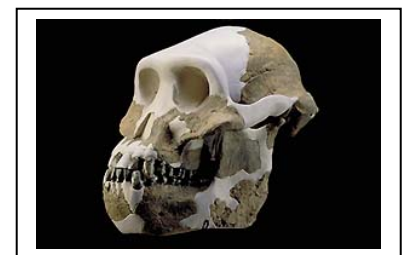


Las formas más ligeras, que son los australopitecos gráciles, *Australopithecus anamensis*, *Australopithecus afarensis*, *Australopithecus bahrelghazali*, *Australopithecus garhi* y *Australopithecus africanus*, y los más robustos, considerados en un género (o subgénero) independiente, *Paranthropus*: *Paranthropus aethiopicus*, *Paranthropus robustus* y *Paranthropus boisei*.



*Australopithecus anamensis* se descubrió en Kenia en 1994 y está datado en 4 millones de años atrás. Sus molares eran muy grandes, con cubierta de esmalte gruesa, caninos pequeños, las articulaciones de rodilla y tobillo que indican que era bípedo. Conserva caracteres simianos: orificios auditivos pequeños y elípticos, arco dental similar al de chimpancé, la barbilla baja bruscamente.

El *Australopithecus afarensis* (“Lucy”), vivió en África oriental (Etiopía y Tanzania) hace unos 3,7 millones de años. Tenía un cerebro algo mayor que el chimpancé, entre 350 y 500 cm<sup>3</sup>.



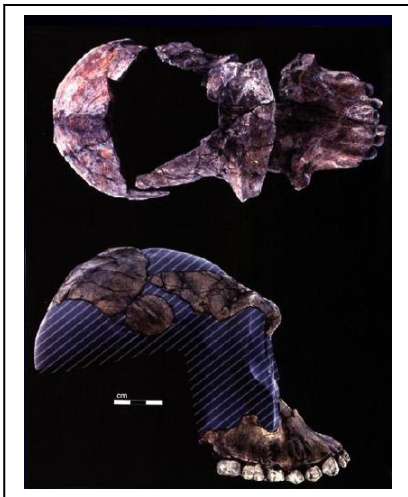
Algunos *Australopithecus afarensis* poseían caninos algo más prominentes que los de los Homininos posteriores. Presentaba pequeños diastemas, espacios dentarios asociados a los caninos, brazos largos y piernas relativamente cortas, dedos de manos y pies curvados. Otros caracteres son típicamente humanos: arco dental redondeado, orificios auditivos grandes, barbilla más saliente que en antropoides y que en *Australopithecus anamensis*, características más avanzadas de la pelvis y piernas.

Al parecer se produjo una diversificación evolutiva hace unos 2,5 millones de años, porque coexisten varias especies de Homininos. Aparentemente el *Australopithecus afarensis* evolucionó hacia los australopitecos gráciles (*Australopithecus*) posteriores.

*Australopithecus bahrelghazali* (“Abel”) basado en una porción anterior de una mandíbula y un premolar aislado descubierto en 1995 por Michel Brunet en la zona de Chad, datado entre unos 3 y 3,5 millones de años atrás.



*Australopithecus garhi*, de alimentación carnívora y que vivió hace 2,5 millones en la zona de Afar, Etiopía, cuyo esqueleto fue descubierto en 1995 por el equipo de Tim D. White en Bouri, en el curso medio del río Awash, aunque dado a conocer en 1999. Es considerado por sus descubridores como el posible responsable de restos de animales con marcas de haber sido descarnados con instrumentos de piedra, encontrados no muy lejos de sus restos fósiles. *Australopithecus garhi* tiene gran importancia porque podría ser el eslabón entre *Australopithecus afarensis* y *Homo habilis*, para el que no se había encontrado un antepasado directo



*Australopithecus africanus*, del sur de África, poseía un cerebro similar al de sus antecesores; sus caninos eran todavía de gran tamaño, no eran prominentes y llegaban al mismo nivel que las demás piezas. Fue el primer australopiteco conocido, su descubrimiento se produjo en Africa del Sur, y lo constituía un cráneo infantil procedente de Taung, cuyo estudio realizó Raymond Dart en 1924. La mayoría de los yacimientos proceden de Africa del Sur, principalmente Sterkfontein y Makapansgat, encontrándose restos de probables africanus en el Omo (formación Shungura) y Koobi Fora.



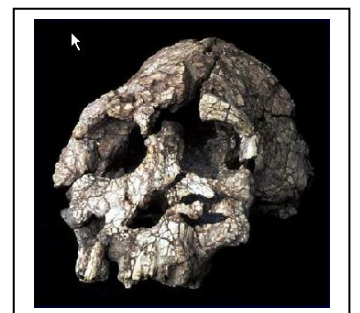
Como en el caso del *Australopithecus afarensis*, no se encontraron utensilios junto a los fósiles. Sin embargo, *Australopithecus garhi* aparentemente fabricaban y usaban herramientas de piedra, porque asociados a sus restos se encontraron huesos de animales con marcas que dejan al descuartizar a los animales.

Los australopitecinos robustos probablemente también surgieron desde *Australopithecus afarensis*. Incluyen a *Paranthropus aethiopicus* que vivió hace 2,6 millones de años en África oriental, a *Paranthropus boisei*, que también vivió en África oriental, entre hace 2,2 y 1,3 millones de años, y a *Paranthropus robustus*, restringido al sur de África, donde vivió entre hace 1,8 millones y 1 millón de años. Presentan una adaptación específica para comer alimentos duros como semillas y nueces, lo cual se aprecia en el gran tamaño de sus molares, mandíbulas y músculos maxilares.



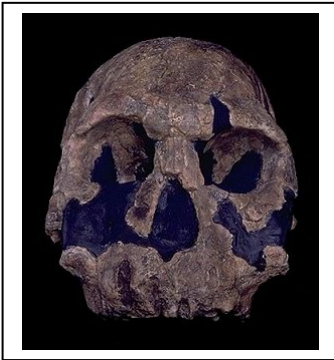
Un género que presenta afinidades con los australopitecos y con *Homo*, ha recibido del nombre de *Kenyanthropus*.

En 1999, Meave y Richard Leakey encontraron a orillas del lago Turkana, en Kenya, un cráneo de hace unos 3,5 millones de años, que denominaron *Kenyanthropus platyops*. Presenta una mezcla de características avanzadas y primitivas. Su pequeño canal auditivo es más parecido al de los chimpancés y los miembros más primitivos del linaje humano que vivieron en África oriental hace algo más de cuatro millones de años.



*Kenyanthropus platyops* tiene aspecto similar a un fósil descubierto junto al lago Turkana, el KNM-ER 1470. Con cerebro pequeño (775 cc), aunque mayor que el de un australopiteco, el 1470 tiene un rostro plano similar al humano y dientes pequeños. Tiene 1,8 millones de años y fue asignado a *Homo rudolfensis*, grupo primitivo que se confundió con *Homo habilis*, del que se diferenciaría por ser más robusto, con cerebro mayor y esqueleto postcranial más moderno.





Por sus semejanzas con *Kenyanthropus platyops*, el supuesto “*Homo rudolfensis*” es considerado por muchos como un descendiente directo de éste, perteneciente a su mismo género, por lo tanto su nombre correcto sería *Kenyanthropus rudolfensis*.

Se cree que hace unos 2,3 millones de años, el *Australopithecus garhi* evolucionó hacia el género *Homo*. Los fósiles de este periodo muestran una mezcla de rasgos: algunos presentan cerebros relativamente grandes, llegando incluso a los 800 cm<sup>3</sup>, y dientes de gran tamaño, similares a los de los australopitecinos; otros poseen dientes pequeños, análogos a los del *Homo*, y cerebros de menor capacidad del tipo australopitecino.

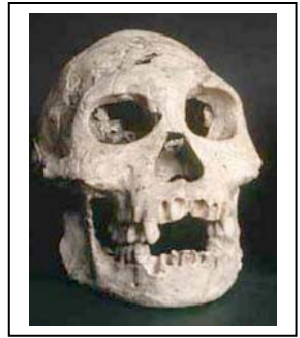
Cráneos y mandíbulas fósiles de este periodo hallados en Tanzania, Malawi, Etiopía y Kenia, pertenecen a *Homo habilis*, que presentaba muchos rasgos que le vinculan con los antiguos australopitecinos y otros que lo acercan a *Homo*. Con estos fósiles se encontraron herramientas de piedra. Algunos investigadores consideran que *Homo habilis* y otras variedades de *Homo* temprano no están suficientemente diferenciados de *Australopithecus* como para justificar su separación, y menos aún para incluirlos en *Homo*, género al que pertenecemos.



*Homo ergaster* vivió hace entre 1,8 y 1,4 millones de años en el este y sur de África. Con un saliente óseo sobre los ojos separado del frontal por un surco, la nariz se destaca, hay acortamiento del esqueleto facial y reducción del tamaño relativo de los molares y cerebro de entre 750 y 900 cm<sup>3</sup>. Usan una nueva tecnología de herramientas, aparentemente controlaban el fuego y capturaban presas mayores.

Hace unos 1,5 millones de años los descendientes de *Homo ergaster* se desplazaron hacia zonas tropicales del Viejo Mundo, donde originaron especies similares, *Homo georgicus* y *Homo erectus*.

El "Hombre de Georgia", (*Homo georgicus*) fue descrito sobre la base de restos hallados en 2000 y 2001 en el yacimiento de Dmanisi, en el Cáucaso georgiano, situado 85 km al suroeste de Tiflis,. Datados en hace 1,8 a 1,9 millón de años, demuestra la muy antigua llegada a Eurasia de los humanos originarios de África, probablemente pasando por el Mediterráneo oriental. Su capacidad craneana se calcula en entre 600 y 680 c



Con *Homo erectus* se inició la forma de vida cazadora recolectora. Aumentó la capacidad craneana hasta los 1.250 cm<sup>3</sup>. Por primera vez los útiles de piedra presentan cierta uniformidad, los Homininos se expandieron más allá de un continente, y aparentemente el gran desarrollo cerebral permitió el inicio del lenguaje, y tal vez la conciencia.

El cráneo de *Homo erectus* es más humano que el de los australopitecos aunque sigue teniendo alguna similitud con los simios. En esta especie se incluyen al "hombre de Java" o "pitecántropo" y al "hombre de Pekín" o "sinántropo". El sinántropo encendía fuego y se cree que devoraban el cerebro de sus congéneres. Su dentadura es esencialmente humana. La capacidad craneana del pitecántropo es inferior al sinántropo. La altura de un pitecántropo estaba sobre 1,65 metros, el sinántropo era ligeramente inferior. Diversos yacimientos de *Homo erectus* revelan una mayor perfección en fabricar útiles que en yacimientos anteriores. Se encontraron fósiles de *Homo erectus* en dos cuevas de Java, datados en hace 50.000 y 35.000 años.

Desde hace un millón de años hasta el presente, los únicos Homininos representados son claramente hombres. Su capacidad craneana aumenta y su locomoción adquiere las características propias de la locomoción bípeda del hombre actual. Se asiste además a una gran diversidad cultural. Sobre la clasificación de los homínidos del Pleistoceno medio europeo los especialistas no se han puesto de acuerdo. Algunos los incluyen a todos, incluyendo a los *Homo ergaster*, en *Homo erectus*, que habría tenido una enorme distribución espacial y temporal, formado por numerosas subespecies con distintos grados de desarrollo; otros los incluyen en *Homo ergaster* (considerado distinto de *Homo erectus*) y otros mantienen a *Homo ergaster* en África, y a *Homo erectus* en Asia y Australasia, de modo que separan a los homínidos del Pleistoceno medio europeo en dos especies, *Homo antecesor* y *Homo heidelbergensis*.



De acuerdo con este último criterio, *Homo antecessor* vivió hace 800.000 años en Europa. Se describió a partir de restos encontrados en el yacimiento de la Gran Dolina, de la sierra de Atapuerca, Burgos, España. Presenta rasgos primitivos en la dentición y otras partes del esqueleto.

La mandíbula de *Homo antecessor* es menos robusta que la de *Homo ergaster*, los caninos y el tercer molar están reducidos, el toro supraorbitario muy desarrollado, la capacidad craneana supera los 1000 cc. La cara es moderna, con abertura nasal más adelantada y los huesos de las mejillas forman una saliente.

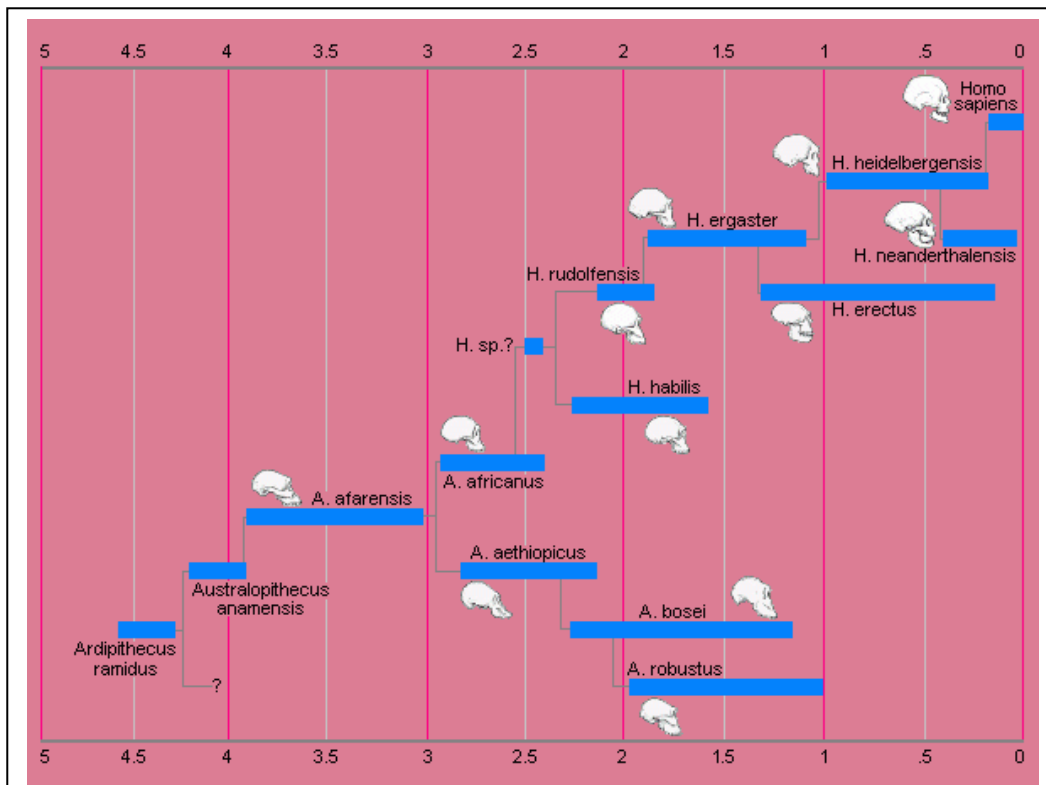
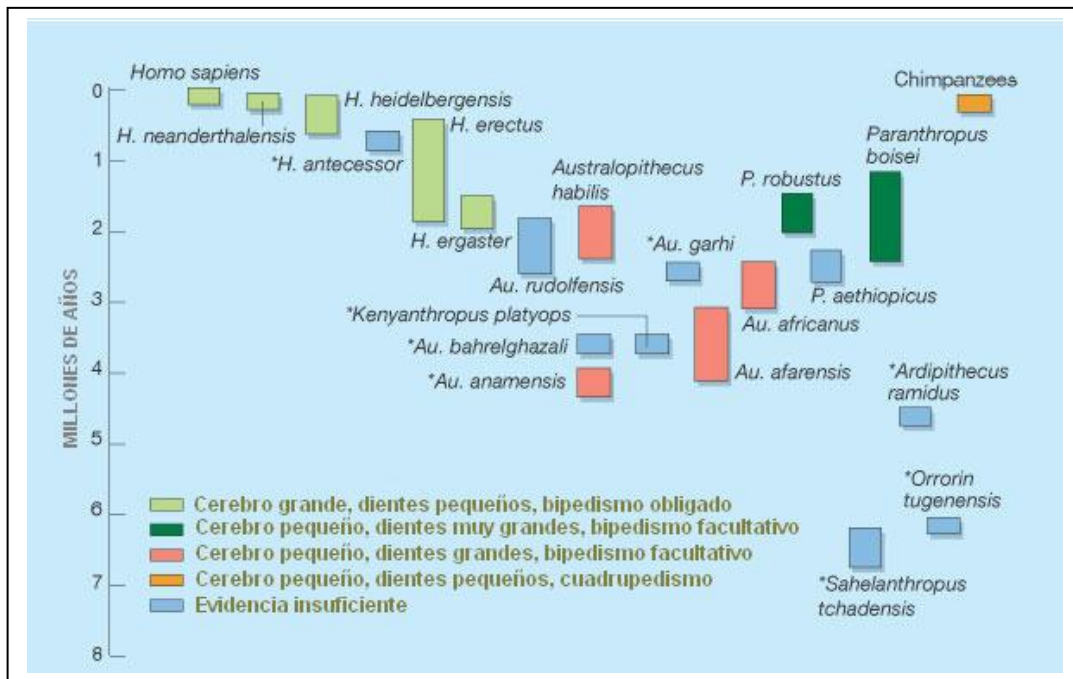
La especie *Homo heidelbergensis* se creó sobre la base de una mandíbula encontrada en 1907 en Mauer, cerca de Heidelberg, Alemania. Un cráneo exhumado en Steinheim, Alemania, datado en hace unos 250.000 años podría corresponder a la misma especie.



Finalmente, en el Pleistoceno Superior encontramos nuevamente dos especies: el hombre de Neandertal (*Homo neanderthalensis*), que vivió en Europa y el Oriente Próximo desde hace unos 127.000 años hasta los 30.000 ó 35.000, y el hombre moderno (*Homo sapiens*), que aparentemente hizo su aparición en el sur de África o en el Oriente Próximo hace alrededor de 200.000 años y desde allí en sucesivas oleadas se expandió hacia los otros continentes.

El hombre de Neandertal (*Homo neanderthalensis*), tenía una capacidad craneana muy alta, 1.625 c.c., era robusto y musculoso y alcanzaba 1,65 m de estatura aproximadamente. El cráneo era grande y ancho con el rostro grande, frente baja, abombada e inclinada y zona de las cejas prominente, grandes mandíbulas y escaso mentón. El tórax era ancho, el cuello y las piernas cortos. Encendía fuego y tallaba piedras con figuras simétricas. Aparentemente el hombre de Neandertal utilizaban trozos de bióxido de manganeso y de ocre rojo afilados como lápices o bien reducidos a polvo, para dibujar en las paredes y practicaba también enterramientos de cuerpos en compañía de alimentos, armas o utensilios. Se extendió por toda Europa, aparentemente procedente de Asia. En Asia quedaron los hombres de Ngandong, ligeramente más primitivos. Los Neandertal clásicos ocuparon toda Europa, excepto los países nórdicos. Se han descubierto restos en España, Portugal, Francia, Bélgica, Italia, Hungría, Rumania, República Checa, la antigua Yugoslavia y Rusia.

Antiguamente se pensó que el hombre moderno y el de Neandertal pertenecerían a una misma especie y que se habrían hibridado. Actualmente predomina la hipótesis que los considera especies diferentes, hipótesis avalada por algunos restos fragmentarios de fósiles procedentes del sur de África y las comparaciones de su ADN con poblaciones actuales, que sugieren que los seres humanos están genéticamente relacionados y que proceden de un único antepasado común. Las siguientes son algunas reconstrucciones recientes de las posibles relaciones evolutivas del ser humano:





Algunos antropólogos estiman que en los últimos 100.000 años se creó el lenguaje humano, desarrollo que tendría profundas implicaciones en todos los aspectos de la actividad humana. El hombre moderno produjo importantes innovaciones a partir del Paleolítico superior, que comenzó entre hace 45.000 y 35.000 años. Además del nacimiento del gran arte paleolítico en los territorios de Francia y España, comenzaron a fabricar una industria mucho más elaborada, utilizando una mayor variedad de materiales (piedra, cuerno, marfil, hueso), transportaron grandes cantidades de materiales a gran distancia, construyeron refugios más elaborados, y hace unos 10.000 años se produjo uno de los acontecimientos más importantes de la historia de la humanidad, la agricultura.

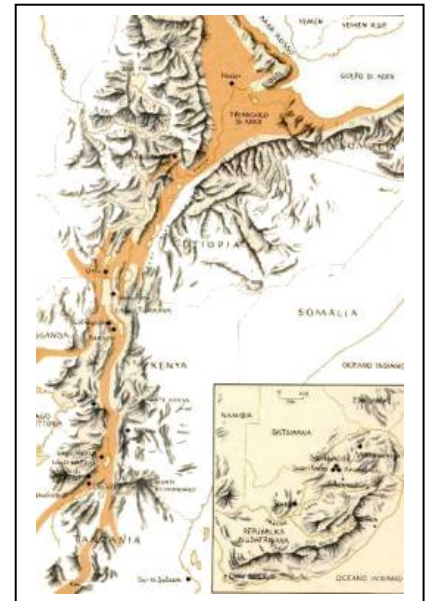
El origen de las razas y su naturaleza es otro aspecto importante de la evolución humana que ha sido largamente discutido. En los últimos 50 años la idea tradicional de las “razas” humanas ha perdido su validez científica. Los antropólogos jamás se pusieron de acuerdo sobre la cantidad precisa de razas y subrazas humanas, lo cual se explica porque de acuerdo con la genética moderna la variación genética dentro de cada población geográfica es mucho mayor que entre unas poblaciones y otras. Las variaciones en la coloración de la piel o las características del cabello son biológica y genéticamente insignificantes. Llamamos la atención porque son rasgos fácilmente visibles, pero se trata de adaptaciones a distintas zonas climáticas formadas por selección natural sobre unos pocos genes.

Los estudios del ADN mitocondrial demuestran que toda la humanidad actual surgió no hace mucho tiempo. En su aislamiento inicial se seleccionaron los caracteres señalados, pero las poblaciones humanas nunca estuvieron suficientemente aisladas como para llegar a formar subespecies. La idea de existencia de “razas puras” es un prejuicio sin ningún fundamento biológico.

No es fácil encontrar una explicación sobre cómo han interactuado los diferentes mecanismos que participan en la evolución biológica durante la hominización. Este tipo de estudios requiere la síntesis de conocimientos de diversas disciplinas, tales como climatología, sedimentología, paleomagnetismo, ecología, paleontología, paleobotánica, antropología, anatomía comparada, genética y otras. La evolución del clima y del medio así como las presiones de selección ejercidas sobre los prehomínidos y los precursores del hombre, permite reconstruir escenarios de cómo se produjo la aparición de los homínidos y como sucedió el origen del hombre. Se acepta que el rasgo que inició la separación de la línea humana desde una población de simios hoy extinguidos fue su posición erguida y la capacidad de caminar sobre dos pies. La explicación habitual resalta que África oriental se hizo significativamente más árida cuando comenzaba la evolución humana.

Hasta hace 10 millones de años, la selva ecuatorial y la sabana arbórea se extendían en África desde el trópico de Cáncer hasta el trópico de Capricornio. En esa época se reactivó el valle del rift, formándose murallas y elevándose África Oriental, lo que separó en dos partes la zona de vegetación que se extendía en forma continua desde el Golfo de Guinea hasta el Océano Índico. De acuerdo con la teoría de la deriva continental, la corteza terrestre está formada por placas que se desplazan y con ellas se mueven los continentes. En su desplazamiento, las placas pueden separarse formando una gran fractura en la corteza, llamada rift, donde debido a su inestabilidad geológica se forman numerosos volcanes.

El valle del rift separa el Cuerno de África del resto del continente. Atraviesa Etiopía de Noreste a Sudoeste y continúa al Sur en dos brazos, donde origina los lagos Turkana, Tanganika, Victoria, Alberto y Malawi. La zona occidental, influida por la humedad y las precipitaciones del Atlántico, conservó la selva ecuatorial y sabana arbórea; en cambio en la zona oriental, al este del valle de rift, la vegetación cambió a medida que la humedad y las precipitaciones provenientes del Atlántico eran detenidas en el lado oeste de la cadena montañosa formada por el rift.



La selva tropical y la sabana arbórea del África Oriental fueron desapareciendo, reemplazadas por vegetación herbácea, originando un ambiente cada vez más abierto. Según indicios fósiles, el ancestro común de homínidos y grandes monos habitaba esta zona. Los cambios geográficos y ambientales dividieron en dos sus poblaciones, al este y al oeste del rift. Cada población siguió su propia evolución, determinada en gran medida por el ambiente en que habitaba.

Según esta hipótesis ambientalista, las poblaciones al oeste del rift Valley que continuaron viviendo en un ambiente de tipo selva originaron al gorila y al chimpancé, especies que se encuentran actualmente en esa región; mientras que las poblaciones al este del rift, donde la selva fue desapareciendo, habrían evolucionado originando a los Homininos. Dado que la genética molecular indica que el chimpancé es más cercano al humano que al gorila, debió producirse la separación de una población original en tres zonas.

Jean Chaline sugiere que en una primera fase existió un grupo ancestral indiferenciado que ocupaba una extensa zona selvática del África central, alrededor del actual lago Victoria, hace entre unos 10 millones y unos 7 millones de años. En una segunda fase se separaron tres subespecies: el pre-chimpancé habría vivido en la selva ecuatorial abierta con una distribución en arco desde el noroeste de Camerún hasta el sur del lago Victoria, al norte del río Congo, el pre-gorila se habría situado en una selva ecuatorial muy húmeda a partir del margen occidental del área del pre-chimpancé, al norte del río Congo, y el pre-australopiteco ocupó el valle del rift, en el África oriental.

Esta triple división no fue absoluta, durante esta fase, que habría durado alrededor de un millón de años, en las respectivas zonas de contacto los pre-gorilas se habrían cruzado ocasionalmente con los pre-chimpancés, en el oeste, y éstos con los pre-australopitecos, en el este. Ello explica las fórmulas cromosómicas de las tres especies actuales: dos mutaciones cromosómicas comunes entre gorilas y chimpancés, que no comparten con el ser humano, y tres mutaciones cromosómicas comunes entre chimpancé y ser humano, que no comparten con el gorila. Según Jean Chaline, en la tercera fase, que comenzó hace unos cinco millones de años, las tres subespecies se aislaron definitivamente y pasaron a formar especies separadas, acumulando mutaciones cromosómicas particulares, 6 el gorila, 6 el chimpancé, 4 el humano. En la línea humana una de estas mutaciones fue la fusión de dos cromosomas que formaron el actual cromosoma número dos, lo que explica que los chimpancés y gorilas posean 48 cromosomas y el ser humano 46. El factor ambiental más importante que habría producido el rápido cambio evolutivo humano habría sido el reemplazo de la selva por zonas abiertas en la zona del rift.

Mutaciones que condujeron a la posición erguida y la bipedestación habrían sido favorecidas por la selección natural. Se sugiere que aprendimos a caminar erguidos para poder ver por sobre los pastos altos y avistar a los depredadores. Peter Wheeler explica que en condiciones calurosas y secas la postura erguida disminuye la exposición corporal al sol directo y aumenta la exposición a la brisa refrescante, pudiendo dispersar rápidamente el calor acumulado sin consumir mucha agua, y que la locomoción bípeda impone menor gasto de energía. Otros autores plantean que la adaptación hacia el bipedismo pudo ocurrir en una pequeña comunidad en respuesta a presiones sociales, alimentarias y reproductivas. Según Owen Lovejoy, posibilitó que los machos transportaras alimento a grandes distancias. Mientras las hembras quedaban con las crías, los machos habrían salido a buscar alimento con alto contenido proteico a grandes distancias.

El biólogo Alister Hardy y la escritora Elaine Morgan desarrollaron la hipótesis del simio acuático, según la cual nuestros antepasados se trasladaron al litoral en busca de alimento y huyendo de depredadores y poco a poco se adaptaron a nadar verticalmente, se hicieron más hidrodinámicos, desarrollaron la grasa subcutánea y conservaron el pelo solo en la cabeza.

Los fósiles más antiguos de Homininos presentan grandes diferencias en tamaño corporal, lo que refleja un patrón de *dimorfismo sexual*. Las hembras pudieron medir entre 0,9 y 1,2 m de estatura y pesar entre 27 y 32 kg, mientras que los machos medían algo más de 1,5 m y pesaban unos 68 kg. Estas grandes diferencias han ido desapareciendo durante el último millón de años. Las especies con dimorfismo sexual acentuado (leones, ciervos, lobos marinos) son polígamas, y el dimorfismo sexual se debe a una fuerte selección sexual, el cambio progresivo hacia la uniformidad de dimensiones corporales en ambos sexos puede relacionarse con cambios en la estructura social en las poblaciones humanas, adopción de la monogamia y patrones especializados de conducta en los primeros grupos sociales de los Homininos. Las menores precipitaciones pluviales en las sabanas determina que existan allí alimentos vegetales de calidad inferior que en la selva. Su distribución es irregular, dispersa, lo cual combinado con la estacionalidad vegetal habría favorecido la selección natural a favor de la alimentación omnívora. En la sabana hay grandes manadas de herbívoros, favoreciendo la ventaja selectiva de consumir carne, lo cual también habría llevado a estrategias para evitar y competir con los grandes depredadores.

Los humanos gradualmente redujeron el tamaño de sus caninos, premolares y molares. Podríamos esperar que la adopción de una dieta carnívora hubiese agrandado los caninos, pero sus funciones fueron reemplazadas por los instrumentos de piedra. Se discute si nuestros ancestros desarrollaron inicialmente una fase carroñera. En la evolución humana se redujo gradualmente el tamaño del rostro y mandíbulas, y creció la caja craneana, lo cual se ha explicado biomecánicamente en relación con la posición erguida. Ya en 1941 el antropólogo Franz Weidenreich opinó que la posición vertical habría automáticamente producido una flexión en la base del cráneo, necesaria para que la mirada sea horizontal, y esta flexión habría producido un desarrollo compensador de la región posterior del cráneo, con alargamiento de la cavidad craneana

El rostro de los primeros Homininos era grande y estaba al frente de la cavidad craneal, a medida que los dientes se redujeron y el cerebro creció, el rostro se redujo y cambió de posición. La caza cooperativa y la matanza de grandes animales favorecieron aumentar la cohesión social durante la caza y el reparto de los alimentos.

La posición erguida, modificaciones craneales y aumento de la talla corporal podrían haber estado asociados con estas presiones selectivas. El resultado habría sido primates más grandes, omnívoros, más inteligentes y laboriosos que sus ancestros.

De acuerdo con Louis Bolk, las características que nos diferencian de los simios son condiciones fetales que se hicieron permanentes. La selección natural en relación con formas de vida adaptativas en el ambiente abierto de la zona del rift (posición erguida, bipedalismo, carnivoría, organización social), habrían favorecido ciertas mutaciones en genes que controlan la cronología del desarrollo, produciéndose progénesis. Ello explicaría por qué presentamos grandes diferencias morfológicas respecto al chimpancé en relación con muy escasas diferencias a nivel genético, el retardo en nuestros procesos de desarrollo, y el por qué un chimpancé recién nacido es más parecido a un ser humano que un chimpancé adulto. Por su parte, en el ancestro del gorila ocurrió una hiper morfosis, lo que explica su gran tamaño y aspecto. De acuerdo con lo señalado, los cambios morfológicos experimentados por los seres humanos a través de sus distintas etapas evolutivas se interpretan como resultados de la selección natural favoreciendo ciertas mutaciones de genes reguladores, acompañados por cambios moleculares, cromosómicos y en las pautas del desarrollo. El desarrollo del antepasado común era probablemente similar al de los chimpancés actuales.

La fase embrionaria, corta en los antropoides, se prolongó en los humanos gradualmente hasta ocho semanas, lo cual es importante porque en ese período se forman los neuroblastos, células que se dividen originando neuronas. Con mitosis adicionales de estas neuronas se explica el considerable aumento de la capacidad craneana, que habría sido consecuencia de dos mitosis sucesivas adicionales en los primeros *Homo*, tres en los hombres de Neandertal y cuatro en el hombre actual. El bipedismo permanente debió asociarse a una reorganización del tejido cerebral. El período fetal del ser humano, que debería ser mucho más largo por la progénesis, está escasamente prolongado debido al nacimiento prematuro, consecuencia a su vez de la posición erguida, que induce modificaciones a nivel de pelvis, y de las mayores dimensiones craneanas, lo cual determina que el parto sea más difícil y doloroso. En consecuencia, el ser humano nace con el sistema nervioso no completamente maduro y tiene un largo período de dependencia materna, lo cual tiene otras consecuencias: aumento de la capacidad de aprendizaje, mayores interacciones sociales. Estos procesos de la hominización facilitaron el desarrollo del juego, del lenguaje, el aprendizaje y las relaciones interpersonales, base de nuestra cultura.

La evolución cultural humana tiene una base biológica en caracteres surgidos evolutivamente en la adaptación al medio arbóreo y luego en su abandono: perfeccionamiento de la vista, desarrollo de la movilidad de dedos, posición erguida, bipedestación, liberación de la mano de sus funciones locomotoras, aumento de las dimensiones y complejidad del cerebro.

Una de las primeras expresiones culturales es la fabricación de herramientas. Diversos animales construyen instrumentos, pero el ser humano es único que produce fabricación en serie sobre la base de un diseño funcional aprendido y abierto a nuevas modificaciones. Otros progresos importantes fueron el manejo del fuego, caza, desarrollo del lenguaje simbólico a través de sonidos articulados, vestimenta, arte, formación de asentamientos y ciudades, domesticación de animales, agricultura, invención de la escritura. La evolución cultural del ser humano le permitió adaptarse a nuevas condiciones y responder mediante comportamientos innovadores. Los simios y humanos presentan complejas interacciones sociales y conciencia del propio “yo”, condiciones que hacen posible la comunicación y el lenguaje. La cultura humana permitió la supervivencia, expansión y multiplicación de las poblaciones del hombre moderno, transformándolo en un nuevo y poderoso agente evolutivo. A partir de la era industrial la sociedad humana es capaz de utilizar grandes cantidades de combustibles fósiles, lo cual lleva a un crecimiento demográfico que duplica rápidamente su población y a grandes modificaciones ambientales, incluyendo a la contaminación ambiental, extinción de especies y destrucción de la capa de ozono. Esto nos ha conferido una gran responsabilidad sobre la naturaleza. Cambios que inicialmente eran lentos, se han acelerado vertiginosamente, pasando en pocas generaciones desde las comunidades de cazadores y pescadores a la compleja sociedad de hoy globalizada por Internet y comunicada satelitalmente.

El estudio de la doble evolución humana, biológica y cultural, ha llevado a la discusión de varias teorías sociales que escapan al campo de la biología, pero son de gran importancia. Las ideas sobre la Selección Natural fueron acogidas por ciertos sectores que interesadamente las tergiversaron y dieron origen al “*darwinismo social*”, que planteaba la “*supervivencia del más fuerte*” en las sociedades humanas, el predominio de grupos económicos o la hegemonía política, justificando la supremacía de la raza blanca, la explotación y el exterminio de las “razas inferiores”. Hay quienes han planteado que por su naturaleza el ser humano es agresivo, desarrollando una imagen de los australopitecos como “simios asesinos”, idea popularizada por el dramaturgo Robert Ardrey, basándose en los estudios de Raymond Dart, descubridor del primer *Australopithecus*, y fue recogida por el etólogo alemán Konrad Lorenz, a quien se le sindicó como partidario del nazismo.

A partir de esta hipótesis se planteó que hemos nacido asesinos, debemos aceptarnos como tales y aceptar las guerras o los genocidios. Como reacción, surgió posteriormente la visión antropológica romántica de los salvajes inocentes, pacíficos e inofensivos y estudios acerca de la conducta social cooperativa de los animales. Planteamientos similares han tratado de justificar el sexismo, supremacía de los hombres (machismo) o de las mujeres (feminismo) dentro de la sociedad. El movimiento feminista aportó sus propias interpretaciones de la evolución humana y estudios del rango de las hembras en las sociedades de otros primates.

En los últimos años se han popularizado las ideas del “gen egoísta” de los sociobiólogos, para explicar el origen del *altruismo*. Según la sociobiología, en la naturaleza no existe el altruismo verdadero, las conductas aparentemente altruistas, en las cuales los individuos “se sacrifican por los demás” son los resultados de la acción de “genes egoístas”, responsables de la selección de parentesco. Al arriesgar su vida, el organismo favorece a los parientes próximos que comparten muchos genes, por lo tanto aumentan la probabilidad de supervivencia de tales genes.

La hipótesis del *altruismo recíproco* sugiere que estas conductas altruistas son adaptaciones que promueven la supervivencia y cohesión social. Se pueden establecer en un grupo en que hay una alta frecuencia de interacción entre los individuos, y cuya vida es suficientemente larga para permitir que quienes han recibido un trato altruista puedan devolver el favor. La interacción social frecuente permite reconocer y rechazar a quienes sólo aprovechan beneficios. Este sería el origen de los sentimientos morales en la especie humana, que estarían reforzados por la amistad, la indignación moral y agresión hacia los no altruistas, la gratitud, la simpatía, amabilidad, generosidad y sentimientos de culpa.

## **BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Leakey (1981); Lewin (1986); Querol (1993); Leakey y Lewin (1994); Caird (1994); Chaline (1997); Foley (1997); Tattersall (1998); Arsuaga y Martínez (1998); Boyd y Silk (2001).

## **SITIOS DE INTERNET**

<http://www.talkorigins.org/faqs/homs/>

<http://www.cruzio.com/~cscp/index.htm>

<http://www.humboldt.edu/~mrc1/>

[http://www.mnh.si.edu/anthro/humanorigins/aop/aop\\_start.html](http://www.mnh.si.edu/anthro/humanorigins/aop/aop_start.html)

<http://faculty.uca.edu/~benw/biol4415/lecture10c/>

## ACTIVIDADES

9.1. Completa el siguiente Cuadro resumiendo en él algunas diferencias anatómicas entre los humanos actuales y los antropoides actuales.

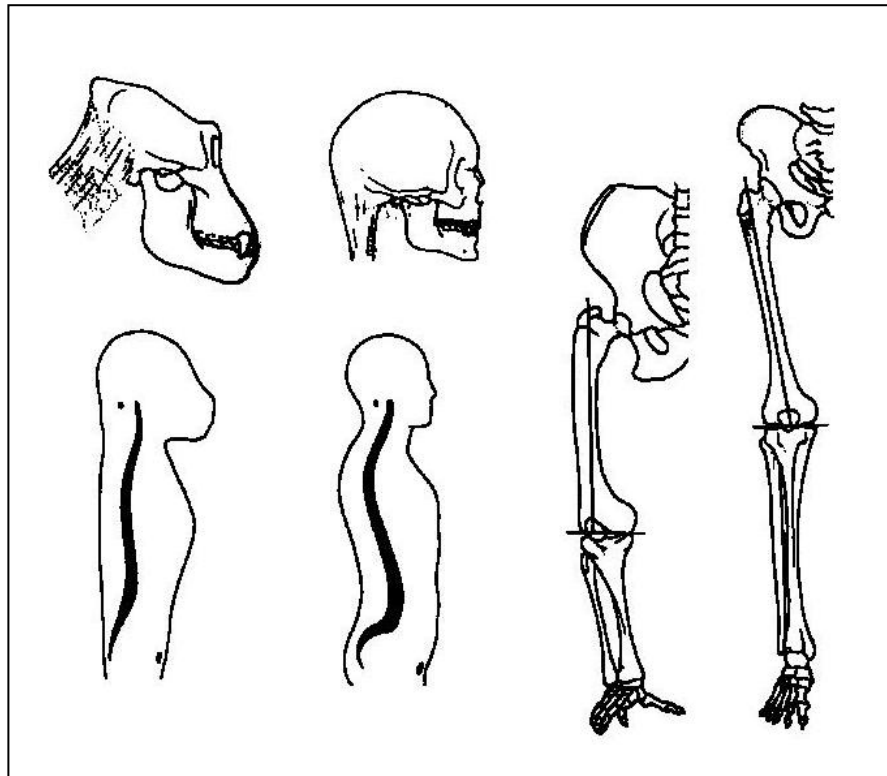
CARACTERÍSTICAS	HUMANOS	ANTROPOIDES
Agujero occipital		
Cresta sagital y torus supraorbital		
Caninos		
Esmalte de los Molares		
Mandíbula		
Rostro		
Cerebro		
Manos		
Extremidades inferiores		
Pie		
Piernas		
Edad de madurez sexual		
Edad de detención del crecimiento		
Tiempo de dependencia de los padres		

- Elige un conjunto de estas diferencias que estén relacionadas entre sí y explica de qué manera lo están.
- Selecciona tres de estas características diferentes que sugieran diferencias conductuales. En cada caso explica tu elección.

9.2. Hay evolucionistas que opinan a favor o en contra de la frase “*El hombre desciende del mono*”, considerándola algunos como una acertada afirmación de nuestro origen y otros como un error flagrante. Discute tu opinión dentro de tu grupo y determinen qué aspectos deben aclararse para emitir una opinión.



9.3. En el siguiente esquema se comparan características de los antropoides actuales con las equivalentes del ser humano actual. Explica de qué manera cada conjunto de ilustraciones muestra adaptaciones diferentes para la locomoción de ambos.



9.4. La paleontología humana (paleoantropología) sugiere ciertas tendencias en la evolución humana. Señala cuatro cambios estructurales importantes que se han producido durante este proceso.

9.5. ¿Qué características morfológicas, fisiológicas o conductuales humanas derivan específicamente del modo de vida arbóreo de sus ancestros?

9.6. La mayoría de los lemúridos vivos se encuentran en la isla de Madagascar, junto a la costa oriental de África. Allí se han diversificado en gran cantidad de especies, pertenecientes a varios géneros. ¿Cómo se relaciona esto con la falta de otros Primates en la isla, a excepción del hombre moderno?

9.7. Haz una lista de cinco características del ser humano que justifiquen su inclusión en la clase Mamíferos y cinco características que justifiquen su inclusión en el Orden Primates.

9.8. Completa el siguiente Cuadro:

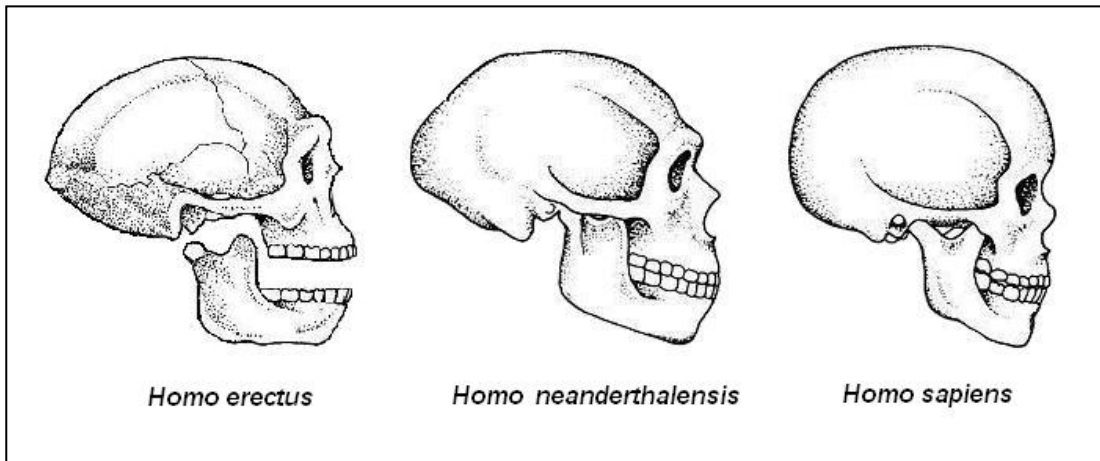
	<b>ANTIGÜE- DAD</b>	<b>LOCALI- ZACIÓN</b>	<b>CAPACI- DAD CRANEA- NA</b>	<b>POSTURA CORPO- RAL</b>	<b>USO DE HERRA- MIENTAS</b>
<i>Homo sapiens</i>					
<i>Homo neandertha- lensis</i>					
<i>Homo erectus</i>					
<i>Homo habilis</i>					
<i>Australopi- theus boisei</i>					
<i>Australopi- theus africanus</i>					

9.9. Nuestros parientes más cercanos son los chimpancés y gorilas. a) ¿Cuál es el tipo de relación evolutiva que mantenemos con ellos?. b) Menciona dos ejemplos de evidencias que apoyen esta relación.

9.10. Señala las semejanzas y diferencias entre los representantes de los Homininos y los antropoides y cómo se pueden explicar.

9.11. Los chimpancés y gorilas son muy similares anatómicamente, siendo más similares entre sí que lo que se parecen cualquiera de ellos a los humanos. Sin embargo, los estudios de distancias genéticas demuestran que chimpancés y humanos están más cercanamente relacionados entre sí que lo están cada uno de ellos con los gorilas. Da dos explicaciones que expliquen esta contradicción.

9.12. Observa la siguiente ilustración y compara:



- la proyección hacia delante de la cara (prognatismo) y presencia o no de mentón
- los arcos superciliares (toro supraorbital), si son prominentes o no.
- la relación entre tamaño de la parte superior del cráneo (neurocráneo) y cara.
- la inclinación o verticalidad del frontal y la prominencia o no del occipital
- De acuerdo con la comparación realizada, llena el siguiente cuadro:

	<i>Homo erectus</i>	<i>Homo neanderthalensis</i>	<i>Homo sapiens</i>
Antigüedad	1.400.000 años	125.000 años	40.000 años
Capacidad craneana	800 a 1.250 cc.	1.625	1.500 cc
Prognatismo			
Mentón			
Arco superciliar			
Proporc. Cara			
Frontal			
Occipital			

- ¿Puede afirmarse que el hombre de Neandertal sea intermedio entre los otros dos?
- ¿Puede afirmarse que la evolución humana siga una línea recta?. Propón una posible relación entre estas especies y compara con los árboles genealógicos sugeridos por especialistas.

9.13. ¿Cómo se explica la distribución de los hallazgos de homínidos fósiles?

- 9.14. Explica la posible secuencia de aparición de las características propias de la familia homínidos. Justifica tu respuesta.
- 9.15. Explica los modelos que se han propuesto para explicar el origen de la especie humana actual, *Homo sapiens*.
- 9.16. ¿Qué características de los australopitecos los vinculan con los humanos?
- 9.17. Explica la relación entre ciertas características físicas humanas y el desarrollo evolutivo del lenguaje.
- 9.18. Averigua la importancia de las ideas evolucionistas en sociología y psicología. Haz un resumen.
- 9.19. La especie humana viviente, *Homo sapiens*, es una sola especie. ¿Por qué no ha ocurrido un mecanismo de especiación que haya llevado a la formación de varias especies vivientes de seres humanos?. ¿Podrá ocurrir en el futuro?. Discute las razones a favor o en contra?.
- 9.20. ¿Qué características diferencian a los representantes del género *Homo* de los demás homínidos?
- 9.21. ¿Qué tendencias evolutivas se pueden observar entre los primates y cuál es el posible valor selectivo de cada una de ellas?.
- 9.22. Se descubre un cráneo fósil en un desierto. Se discute si se trata de un homínido (hombre fósil) o un póngido (antropoide fósil). Analiza dos características craneales que podrían ayudar a dirimir esta discusión.
- 9.23. Utilizando ejemplos vinculado con la medicina, agricultura y tecnología, explica cómo los seres humanos pueden potencialmente influir sobre su evolución futura.
- 9.24. Elabora un posible árbol genealógico de la especie humana considerando los principales hallazgos fósiles de hominoideos. Describe los argumentos a favor de tu interpretación.
- 9.25. Resume las diferencias entre la evolución biológica y la evolución cultural humana y explica de qué manera se relacionan ambas.

9.26. Se suele afirmar que la evolución cultural tiene características lamarquianas. Explica esta afirmación.

9.27. Humanos y antropoides tienen pautas conductuales que incluyen utilización de instrumentos, comunicación mediante vocalizaciones, largo período juvenil y estructuras sociales complejas. Entrega ejemplos de dos de esos aspectos para señalar diferencias entre los humanos actuales y los antropoides actuales.

9.28. Discute la validez de las posiciones racistas desde el punto de vista biológico y evolutivo. a) ¿Existen o ha existido “razas puras”? b) ¿Cuáles serían las consecuencias evolutivas si se tratara de crear una raza humana “pura”.

9.29. Autores como los biólogos Juan Luis Doménech y John Gribbin han planteado que los chimpancés podrían haber surgido evolutivamente a partir de humanos. Discute esa posibilidad.

9.30. ¿Qué relación evolutiva existe entre el hombre de Neandertal y el hombre moderno?

9.31. ¿Por qué los fósiles humanos son relativamente escasos en comparación con los de équidos (parientes cercanos de caballos) o proboscidos (elefantes)?

9.32. ¿La especie humana continúa evolucionando?. Explica.

## ACTIVIDAD DE SÍNTESIS FINAL

De común acuerdo, el profesor y los alumnos definirán a comienzo del curso una actividad final, que podrá ser alguna de las siguientes.

### **a) Ensayos sobre Desarrollo evolutivo de un grupo seleccionado**

El curso se divide en pequeños grupos de trabajo, cada uno con un director de grupo. Cada grupo ha seleccionado, a comienzos del curso, un tema para realizar una búsqueda bibliográfica y en Internet, lo que se ha realizado durante todo el semestre. Los temas propuestos se refieren a la evolución específica de un grupo determinado de organismos. Por ejemplo, evolución de los artrópodos, evolución de los moluscos, evolución de las algas, evolución de las plantas con flores, evolución de las bacterias, etc. Diversos grupos de alumnos pueden desarrollar el tema de la evolución de grupos taxonómicos incluidos en grupos más amplios investigados por otros grupos de alumnos, por ejemplo se pueden desarrollar paralelamente los temas “evolución de los vertebrados”, “evolución de los mamíferos” y “evolución de los primates”, aunque los primates son mamíferos y los mamíferos son vertebrados, porque el tratamiento del primer tema llega hasta nivel de clases (por lo tanto relaciones evolutivas hasta el nivel de mamíferos, pero sin detallar la evolución dentro de esta clase), el segundo llega hasta nivel de órdenes (por lo tanto, toca el tema de las relaciones evolutivas de los primates respecto a los demás órdenes, pero no dentro del orden Primates), y el tercero se refiere a las líneas evolutivas dentro de Primates.

En cada tema los alumnos realizarán un ensayo que desarrollarán de acuerdo con una pauta común, en la que se incluyen las evidencias de la evolución del grupo, el registro fósil, y las interpretaciones relativas a los factores que han intervenido en la historia evolutiva del grupo. Cada trabajo deberá ser entregado por escrito. Durante el transcurso del semestre cada grupo se reunirá con el profesor para entregar un estado de avance y analizar las posibles dificultades. Un primer borrador del trabajo se intercambiará entre los diferentes grupos para una primera evaluación y crítica. Finalmente se expondrán los trabajos ante el curso.

**b) Exposición final**

En esta segunda alternativa, el curso también se divide en pequeños grupos de trabajo, cada uno con un director de grupo. Al igual que en el caso anterior, cada grupo ha seleccionado, a comienzos del curso, un tema para realizar una búsqueda bibliográfica y en Internet, lo que se ha realizado durante todo el semestre. En este caso los temas para desarrollar abarcan los distintos aspectos de la evolución biológica: pruebas de la evolución, precursores del evolucionismo, Lamarck y el lamarquismo, Darwin y el darvinismo, Hugo de Vries y el mutacionismo, Weismann y el neodarvinismo, el sinteticismo, genética de poblaciones, mutaciones y su importancia evolutiva, Gould y el pautacionismo, hipótesis endosimbiótica en el origen de la célula eucariótica, el origen de la vida, el origen del ser humano, aspectos sociales del evolucionismo, etc.

A diferencia de la propuesta anterior, el material recogido y seleccionado no se entregará escrito ni se presentará al curso, sino con él se preparará una exposición en paneles acerca de la Evolución biológica. Un profesor coordinará el trabajo con el fin de uniformar la presentación y controlar que se ajuste a ciertas normas generales. Los representantes de cada grupo se turnarán para explicar su tema a los visitantes a la exposición, y entre ellos al profesor del curso, que evaluará la actividad.





## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Abarca Bertetti, F. (1958) Investigaciones y teorías sobre el origen de la vida. *Revista de Biología Marina* 7(1-3):191-199.

Abásolo, J. (1877) *La Personalité*. Imp. Daurereawera, Bruxelles, 267 pp.

Abásolo S., J. (1979) *Catecismo científico*. Talleres gráficos Santiago, Santiago de Chile, 16 pp.

Acevedo, J.A. (1997) Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada* 10:269-275.

Acevedo, J.A. (1996) Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las Ciencias a través de CTS *Borrador* 13:26-30.

Aguillard, D. (1999) Evolution education in Louisiana public schools: a decade following Edwards v. Aguillard. *American Biology Teacher* 61:182-188.

Agustí, J. (1994) La evolución y sus metáforas. Una perspectiva paleobiológica. Tusquets, Barcelona, 211 pp.

Agustí, J. (2002) *El secret de Darwin*. Rubes Editorial, Barcelona, 141 pp.

Albaladejo, C. y A. M. Lucas (1988) Pupils' meaning for "mutation". *Journal of Biological Education* 22(3):215-219.

Aldunate, A. (1953) *Al Encuentro del Hombre*. Ed. Guillermo Kraft, Buenos Aires, 289 pp.

Aldunate, A. (1959) La vida, una antiprobabilidad. *Pomaire* 17:4-5.

Aldunate, A. (1972) *Hombres, máquinas y estrellas*. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 216 pp.

Alemañ, R. (1996) *Evolución y creación. Entre la Ciencia y la creencia*. Ariel, Barcelona, 220 pp.

Allee, W. C. (1951) *Cooperation among Animals*. Henry Schuman, New York, 233 pp.

Allen, L. H. (1925) *Bryan and Darrow at Dayton*. A. Lee & company, New York, 218 pp.

Almonacid, M. y O. Marín (1984) *Biología*. Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción, 357 pp.

Almquist, A. y J. E. Cronin (1988) Fact, fancy and myth on Human Evolution. *Current Anthropology* 29:520-523.

Alonso González, A. (1992) *La teoría de la evolución y el estudio del hombre*. Universidad de Granada, Granada, 406 pp.

Alonso, L. (2002) Evolución. Transfondo y resonancia. *Investigación y Ciencia* 304:92-96.

Alters, B. J. y S. M. Alters (2001) *Defending evolution in the classroom: A guide to the creation/evolution controversy*. Jones and Bartlett Publishers, Boston, 261 pp.

Alters, B. J. y C. E. Nelson (2002) Perspective: Teaching evolution in Higher Education. *Evolution* 56(10):1891-1901.

Álvarez, J. R. (2000) Analogías darwinianas: modelos y/o metáforas. Pp. 331-341, En M.S. de Mora, A. Ibarra, E. Pérez e I. Sánchez (Edits), *Actas del III Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia*. Universidad del País Vasco, San Sebastián.

Álvarez, R. M. (1996) Las controversias científicas. Sus implicaciones didácticas y su utilidad mediante un ejemplo: la controversia sobre la edad de la Tierra. *Alambique* 8:63-69.

Alvargonzález, D. (1996) El darvinismo visto desde el materialismo filosófico, Pp. 187-225, En E. Molina (edit.), *Evolución: Aspectos Interdisciplinarios*. Cuadernos Interdisciplinarios N° 6, Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 262 pp.

Angseesing, J. P. A. (1978) Problem-solving exercises and evolution teaching. *Journal of Biological Education* 12(1):16-10.

Anderson, D. L., K. M. Fisher y G. J. Norman (2002) Development and Evaluation of the Conceptual Inventory of Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching* 39(10):952-978.

Anderson, O. R. (1997) A neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science Education*, 81, 67-89.

Anderson, R. C., V. E. Drantz, G. W. Faust y J. T. Guthrie (1973) *Genética de Poblaciones*. Cia Editorial Continental, México D. F., 63 pp.

Andreu, M. J. (1996) Dificultades en la enseñanza de la evolución biológica. (<http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS32/evolucion.html>.)

Anfinsen, C. B. (1965) *Bases moleculares de la evolución*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 190 pp.

Aninat, A. (1973) *El Cristianismo en la óptica de Evolución*. Ediciones Universitarias, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 163 pp.

Annan, N. G. (1951) Leslie Stephen, his thought and character in relation to his time. MacGibbon & Kee, London, 342 pp.

Anónimo (1916) *Plan de Estudios i Programas de Instrucción Secundaria*. Imprenta y Litografía Barcelona, Santiago de Chile, 344 pp.

Anónimo (1968) *¿Llegó a existir el hombre por evolución o por creación?*. Watchtower Bible and Tract Society of New York, Brooklyn, 191 pp.

Anónimo (1982) Darwin, ¿clarividente o hereje?. *Creces* 3(9):2-4.

Antolin, M. F. y J. M. Herbers (2001) Perspective: Evolution's Struggle for existence in America's Public Schools. *Evolution* 55(12):2379-2388.

Araneda, F. (1986) *Historia de la Iglesia en Chile*. Ed. Paulinas, Santiago de Chile, 812 pp.

Arbetman, L. y R. L. Row (1985) *Great trials in American History*. West Publishing Co., St. Paul, 209 pp.

Armentia, J. (2002) A favor y en contra de Darwin. *El Escéptico digital* (<http://digital.el-esceptico.org/leer.php?id=1323&autor=3&tema=50>).

Armstrong, J. E. (1999) Misunderstanding exists in Science. *The American Biology Teacher* 61:412.

Armstrong, T. (1999) *Las inteligencias múltiples en el aula*. Ediciones Manantial SRL, Buenos Aires, 240 pp.

Arrayán (1993) *Ciencias Naturales 6*. Departamento Pedagógico, Arrayán Editores, Santiago de Chile, 7ª ed., 160 pp.

Arrieta, L. (1888) *Algo sobre el hombre. Monogenismo, Poligenismo, Transformismo*. Revista del progreso. Imprenta de La Libertad Electoral, Santiago de Chile, 46 pp.

Arrieta, L. (1926) *Un manuscrito, algo sobre el hombre y otros escritos*. Imprenta Cisneros, Santiago de Chile, 512 pp.

Arsuaga, J. L. (2002) *El enigma de la Esfinge*. Debolsillo, Barcelona, 543 pp.

Arsuaga, J. L. e I. Martínez (1998) *La especie elegida*. Temas de Hoy, Madrid, 342 pp.

Arthur, J. (1996) Creationism: Bad science or Inmorfal pseudoscience?. *Skeptic* 4(4):88-93.

Artigas, J. N. (1988) Fundamentos teóricos y filosóficos de la sistemática actual. *Medio Ambiente* 9(2):75-79.

Artigas, M. (1985) *Las fronteras del evolucionismo*, Ed. Palabra, Madrid, 206 pp.

Asimov, I. (1960) *The wellsprings of Life*. The New American Library, New York and Toronto, 224 pp.

Asimov, I. (1984) The “Threat” of Creationism. Pp. 182-193, En A. Montagu (edit.), *Science and Creationism*, Oxford University Press, New York, 415 pp.

Astorquiza, E. (1919) “La teoría de la Evolución” por Alejandro Vicuña. *El Diario Ilustrado*, 10 de marzo de 1919, Santiago de Chile.

Auer, J. (1979) *El mundo, creación de Dios*. Tomo III del Curso de Teología Dogmática de J. Auer y J. Ratzinger, Herder, Barcelona, 663 pp.

Ausubel, D. P. (1968) *Educational Psychology. A cognitive view*. Holt, Rineheart and Winston, New York, 685 pp.

Ausubel, D. P.; J. D. Novack, y H. Hanesian, (1983) *Psicología Educativa: Un Punto De Vista Cognoscitivo*, Trillas, México D. F., 623 pp.

Ayala, F. J.(1969) An evolutionary dilemma: Fitness of genotypes versus fitness of populations. *Canadian Journal of Cytology and Genetics* 11:439-456.

Ayala, F. J. (1989) *La naturaleza inacabada*. Salvat, Barcelona, 270 pp.

Ayala, F. J. (1999) La teoría de la evolución. *De Darwin a los últimos avances de la genética*. Ediciones Temas de Hoy, Madrid, 215 pp.

Ayala, F. J. (1999a) Ignorancia en guisa de religión. La teoría de la evolución en Kansas, *El País* 31 Agosto 1999.

Ayala, F. J. (2002) Ciencia y religión en EE UU. *El escéptico digital* (<http://digital.el-esceptico.org/leer.php?id=161&autor=88&tema=50>)

Ayala, F. J. y T. Dobzhansky (Edits.) (1983) *Estudios sobre la filosofía de la Biología*. Ariel, Barcelona, 487 pp.

Aylwin, M. (2000) *Propuesta de perfeccionamiento fundamental. 3° Medio Biología*. Gobierno de Chile, Ministerio de Educación, Santiago de Chile, 27 pp. (documento en offset).

Ayuso, E. G. y E. Banet (1999) Diseño, aplicación y evaluación del módulo “herencia biológica y evolución”, Pp. 183-220, En De Pro Bueno, A., E. Banet Hernandez, O. Saura Llamas, F. Nuñez Soler y M. J. Martínez Segura, *Constructivismo y enseñanza de las ciencias: Planificación, desarrollo y evaluación de propuestas para la educación secundaria* Diego Marín Librero Editor, Murcia, 349 pp.

Ayuso, E. G. y E. Banet (2002) “Pienso más como Lamarck que como Darwin”: comprender la herencia biológica para entender la evolución. *Alambique* 32:39-47.

Bacigalupo, J. Y D. Yudilevich (1998) Andrés Bello y la Visita de Charles Darwin a Chile. *Ciencia al día Internacional*. (<http://www.Ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen1/numero1/articulos/articulo3.html>)

Badínez, O. (1958) Contribución de la embriología moderna a la Teoría de la Evolución. *Biológica* 25:35-42.

Banet, E. (2000) La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. Pp. 449-478, en Perales. F. J. y P. Cañal de León (Edits.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Marfil, Alcoy, España, 704 pp.

Banister-Marx, J. (1999) *Varves. Dating sedimentary strata*. (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/varves.html>)

Barberá, O. (1994) Historia del concepto de especie en biología, *Enseñanza de las Ciencias* 12(3):417-430.

Barberá, O. y B. Zanón (1999) Origen y evolución de la asignatura de Biología en España. *Revista de Estudios del Currículum* 2(2):84-113.

Barberá, O., B. Zanón y Pérez-Plá (1999) Biology Curriculum in Twentieth Century Spain. *Science Education* 83:97-111.

Barja de Quiroga, G. (1993) *Fisiología animal y evolución*. Akal, Madrid, 133 pp.

Barker, A. D. (1969) An approach to the theory of natural selection. *Philosophy* 44:271-290.

Barnett, S. A. y cols. (1966) *Un siglo después de Darwin. 1. La evolución*. Alianza, Madrid, 248 pp.

Barros Arana, D. (1871) *Elementos de jeografía física* Impr. de la República, Libr. Central de A. Raymond, Santiago de Chile, 334 pp.

Barros Arana, D. (1893) *Historia General de Chile*, La Libertad Electoral, Santiago de Chile, 16 vols.

Barros Arana, D. (1904) *El doctor don Rodolfo Amando Philippi. Su vida y sus obras*. Impr. Cervantes, Santiago de Chile, 248 pp.

Barros Grez, D. (1879) *Excepciones de la Naturaleza*. Imp. Gutenberg, Santiago de Chile, 192 pp.

Bartov, H. (1978) Can students be taught to distinguish between teleological and causal explanations?. *Journal of Research in Science Teaching* 15(6):567-572.



Bauermann, B., J. Müller, M. C. Bortolini y V. Melo Cardoso (1989) O encino de Biología. Numa perspectiva evolucionista. *Revista de Encino de Ciencias* 23:52-53.

Beard, J. (1986) Comment on “Evolution in high school biology textbooks” by D. Rosenthal. *Science Education* 70:501-502.

Beecher, H. W. (1885) *Evolution and Religion*. The Pilgrim Press, Howard & Hulbert, New York, 2 vols.

Behe, M. J. (1999) La caja negra de Darwin. El reto de la bioquímica a la evolución. Andres Bello, Santiago de Chile, 364 pp.

Benítez, H. (1992) Ensayos sobre Ciencia y religión: de Giordano Bruno a Charles Darwin. Bravo y Allende, Santiago de Chile, 192 pp.

Bergman, J. (1979) Attitude of University students toward the teaching of Creation and Evolution in Schools. *Origins* 6:62-83.

Bernabé, A.; M. T. Jiménez-Ortiz y B. Moya (1998) *Origen y evolución de las especies*. Santillana, Madrid, 87 pp.

Bernstein, R. y S. Bernstein (1998) *Biología*. 10a edición. Mc Graw Hill, 729 pp.

Berrios, M. y Z. Saldivia (1995) *Claudio Gay y la Ciencia en Chile*. Bravo y Allende Editores, Santiago, 100 pp.

Berrios, S., D. Brncic, E. Bustos-Obregón, R. Fernández-Donoso, S. Leiva, H. Seuanez, A. Spotorno y C. Valenzuela. (1985) *El núcleo, los cromosomas y la evolución*. Unesco, Santiago de Chile, 196 pp.

Bethell, T. (1976) Darwin's Mistake. *Harper's*, 6 de febrero de 1976, pág. 72-75.

Bishop, B.A. y C. W. Anderson (1986) *Evolution by natural selection: A teaching module*. Occasional Paper 91, Institute for Research on Teaching, Michigan State University, East Lansing, 58 pp.

Bishop, B. A. y C. W. Anderson (1990) Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 27(5):415-427.

Bizzo, N. M. V. (1994) From Down House landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way?. *Journal of Research in Science Teaching*. 31(5):537-556.

Blackwell, W. H., M. J. Powell y G. H. Dukes (2003) The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education* 37(2):58-67.

Blanc, M. (1984) Gregor Mendel: la leyenda del genio desconocido. *Mundo científico* 4(34):274-287.

Blondel, J. (1985) *Biogeografía y ecología*. Editorial Academia, León, 190 pp.

Bonner, J. T. (1995) Ciclos vitales. Confesiones de un biólogo evolutivo. Alianza, Madrid, 228 pp.

Borges, J. L. (1941) La creación y P. H. Gosse. *Revista Sur* 11(81): 68-70, Buenos Aires.

Borges, J. L.(1966) *Manual de Zoología fantástica*. Segunda edición. Fondo de Cultura Económica, México D. F., 159 pp.

Borruso, S. (2001) *El evolucionismo en apuros*. Criterio Libros, Madrid, 212 pp.

Boulanger, F. D. (1981) Instruction and Science learning: A quantitative synthesis. *Journal of Research in Science Teaching* 18(4):311-327.

Bowler, P. J. (1975) The changing meaning of "evolution". *Journal of History of Ideas* 36:95-114.

Bowler, P. J. (1985) *El eclipse del darwinismo*. Labor, Barcelona, 284 pp.

Bowler, P. J. (1995) *Charles Darwin. El hombre y su influencia*. Alianza, Madrid, 271 pp.

Boyd, R. y J. B. Silk (2001) *Cómo evolucionaron los humanos*. Editorial Ariel, Barcelona, 624 pp.

Braidwood, R. J. (1971) *El hombre prehistórico*. Breviarios, Fondo de Cultura Económica, México D. F., 270 pp.

Braslavsky, C. (1995) Esta reforma educativa es progresista. Diario *Clarín*, 13 de julio 1995, Buenos Aires.

Brem, S. K.; M. Ranney y J. Schindel (2002) Perceived consequences of Evolution: College students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. *Science Education* 86:1-26.

Brewer, S. D. (1996) A Problem-solving Approach to the Teaching of Evolution. *Bioscene* 22(2): 11-17.

Brewer, S. D. (1997). Constructing Student Problems in Phylogenetic Tree Construction. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Chicago, IL, March 24-28, 1997. EDRS DOCUMENT LINK: <<http://orders.edrs.com/members/sp.cfm?AN=ED407227>>

Brewer, C. A. y C. Zabinski (1999) Simulating genetic change in a large lecture hall: The ultimate bean counting experience. *The American Biology Teacher* 61:298-302.

Briggs, D. y S. M. Walters (1969) *Evolución y variación vegetal*. Guadarrama, Madrid, 252 pp.

Brcic, D. (1958) La teoría de la selección natural *Biológica* 25: 43-49.

Brncic, D. (1959-1960) Cien años de darwinismo. *Anales de la Universidad de Chile, Número extraordinario*. 117-118:138-145.

Brncic, D. (1979) *Fundamentos de la teoría de la evolución biológica*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 90 pp.

Brncic, D., F. Rothhammer y T. Ureta (1978) ¿Está evolucionando el concepto de evolución?. *Simposio XXI Reunión Anual Sociedad de Biología de Chile*. 1. XII 1978.

Brumby, M. N. (1979) Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education* 13(2):119-122.

Brumby, M. N. (1984) Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education* 68(4):493-503.

Bruner, J. J. (1879) *La substancia inmortal del organismo humano*. Imprenta Gutenberg, Santiago de Chile, 346 pp.

Bruner, J. S. (1963) *El proceso de la educación*. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, México D. F., 149 pp.

Budiansky, S. (2001) The Trouble With Textbooks. *Prism* 24–27.

Bunk, S. (1998) In a Darwinian world, what chance for design?. *The Scientist* 12(8):4.

Burbules, N. y M. Linn (1991) Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradiction?. *International Journal of Science Education*. 13(3):227-241.

Bürger, O. (1902) *Teoría de la evolución*. Imprenta El Globo, Santiago de Chile, 99 pp.

Burkhardt, F. (1999) *Cartas de Darwin (1825-1859)*. Cambridge University Press, Madrid, 255 pp.

Burnie, D. (2000) *¿Qué sabes de evolución?*. Ediciones B. S.A., Barcelona, 192 pp.

Butler, S. (1872) *Erewhon, or Over the range*. Trübner, London, 246 pp.

C. D. Z. (1919) *La agonía del darwinismo*. Imprenta Chile, Santiago de Chile, 70 pp.

Caamaño, A. (1992) Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. *Aula* 9:61-68.

Caballer, M. J.; A. Jiménez y A. Madrid (2002) La evolución. Programación de aula: ¿qué queremos conseguir?. *Alambique* 34:104-111.

Cabello, M. y S. Lope (1987) *Evolución*. Editorial Alambra, Madrid, 114 pp.

Cain, A. J. (1970) *Las especies animales y su evolución*, Labor, Barcelona, 205 pp.

Caird, R. (1994) *Hombre mono*. Tusquets Editores, Barcelona, 191 pp.

Cairns-Smith, A. G. (1990) *Siete pistas sobre el origen de la vida*. Alianza Editorial, Madrid, 218 pp.

Campanario, J. M. y A. Moya (1999) ¿Cómo enseñar ciencias?. Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias* 17(2):179-192.

Campbell, L; B. Campbell y D. Dickenson (2000) *Inteligencias Múltiples. Usos prácticos para la enseñanza y el aprendizaje*. Troquel, Buenos Aires, 351 pp.

Camus, P. A (1997a) Evolución Darwiniana y neo-Darwiniana: ¿"Anti-Síntesis" Moderna?. *Revista Chilena de Historia Natural* 70 (4):459-464.

Camus, P.A (1997b) Neodarwinismo y Determinismo Estructural en Chile. Un comentario al libro "Teoría moderna de la evolución". *Revista Chilena de Historia Natural* 70 (1):9-22.

Camus, P.A (2000) Evolución en Chile: deriva natural versus selección natural, o la preservación de las teorías favorecidas en la lucha por el conocimiento. *Revista Chilena de Historia Natural* 73 (2):215-219.

Candia, S. P. (1874) Generación espontánea. *Rev. Médica Chile* 3:105-113.

Cannon, H.G. (1957) What Lamarck really said. *Proceedings of the Linnean Society of London*, 168:70-85.

Canto, P. (1996) *Evolución: ¿Mito o Fraude?*. Lindergraf, Gijón, Asturias, 364 pp.

Canto, P. (2003) *El hombre no es producto de la evolución*. Libros en red, 616 pp.

Cañas Pinochet, A. (1918) Nuevas opiniones sobre el origen y sitio de aparición del hombre. *Actes Societé Scientifique du Chili* 25(2):25-40.

Capurro, L. (1964) Investigación de relaciones filogenéticas en base al estudio comparado de las proteínas. *Anales de la Academia Chilena de Ciencias Naturales* 49(27):159-163.

Capurro, L. (1973) Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 88 pp.

Capurro, L. (1983) Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media. 12 ed. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 132 pp.

Capurro, L. y F. Silva (1959 a) La cromatografía de partición sobre papel en la investigación de los lazos filogenéticos en dos especies del género *Bufo*. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 5: 31-39, Santiago de Chile.

Capurro, L. y F. Silva (1959 b) Estudios cromatográficos en especies y poblaciones del género *Pleurodema* Tschudi. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 5: 97-101, Santiago de Chile.

Capurro, L. y F. Silva, (1959 c) Valor taxonómico del estudio cromatográfico del veneno de las parótidas de *Bufo spinulosus* y *Bufo variegatus*. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 5: 189-197, Santiago de Chile.

Carrick, T. (1982) More new textbooks for first examination in biology. *Journal of Biological Education* 16:508-518.

Casamiquela, R. (1965) Nuevo material de *Vieraella herbstii* Reig. Reinterpretación de la ranita liásica de la Patagonia y consideraciones sobre filogenia y sistemática de los anuros. *Revista Museo de La Plata, n.s. paleontología*, 4(27):265-317.

Casinos, A. (1986) Lamarck, entre el olvido y la confusión. Pp. v- xviii, en Jean Lamarck, *Filosofía zoológica*. Alta Fulla, Barcelona, 261 pp.

Castedo, L. (1999) *Gran Historia de Chile Encina-Castedo ilustrada*. Soc. Comercial y Editorial Santiago, 455 pp.

Castillo, C., S. De Andraca y C. Zan (2000) *Estudio y Comprensión de la Naturaleza*. Arrayán Eds., Santiago de Chile, 209 pp.

Castrodeza, C. (1988) *Ortodoxia darwiniana y progreso biológico*. Alianza, Madrid, 214 pp.

Cavarnos, C. (1997) *Biological Evolutionism*. Institute for Byzantine and Modern Greek Studies, Belmont, Massachusetts, 93 pp.

Cellone, M. C. F. (1967) *Qué es la evolución biológica*. Ed. Columba, Buenos Aires, 92 pp.

Cerejido, M. (2002) El enfoque evolucionista de la medicina. *Archivos Argentinos de Pediatría* 100(2):147-151.

Chaline, J. (1997) *Del simio al hombre. Una familia poco común*. Akal S. A., Madrid, 179 pp.

Chamizo, J. A. (1994) Hacia una revolución en la educación científica. *Ciencia, Academia de la Investigación Científica*, 45 (1):67-78

Chandler, P. (1997) A missing link to understanding evolution. *Science Scope* 21(2):24-25.

Chapman, A., L. Klopfer, A. Desena y B. y Squires (1981) Structural representations of students's knowledge before and after science instruction. *Journal of Research in Science Teaching* 18(2):97-111.

Chauchard, P (1960) *¿Destruye la Ciencia a la Religión?*. Casal i Vall – Andorra, 154 pp.

Chauvin, R. (2000) *Darwinismo. El fin de un mito*. Espasa Calpe, Madrid, 330 pp.

Cherfas, J. (edit.) (1983) *Darwin up to Date*. IPC Magazines Ltd, London, 71 pp.

Chirino, L. y D. Yudilevich (1999) Humboldt y Darwin. *Ciencia al día Internacional* (<http://www.Ciencia.cl/CienciaALDia/volumen2/numero4/articulos/articulo8.html>)

Chitty, S. (1974) *The Beast and the Monk: A Life of Charles Kingsley*, Hodder and Stoughton, London, 317 pp.

Christensen, J. (1998) Teachers fight for Darwin's place in U.S. classrooms. *The New York Times* 24 Nov. 1998, F3.

Cifuentes, A. (1936) *Memorias*. Ed. Nascimento, Santiago de Chile, 2 vols.

Clark, R. R. E. (1967) *Darwin: Before and After: An Evangelical Assessment*. Moody Press, Chicago, 192 pp.

Clough, E. E. y C. Wood-Robinson (1985) How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education* 19(2):125-130.

Clough, M. (1994) Diminish students' resistance to biological evolution. *The American Biology Teacher* 56:409-415.

Cobern, W. (1994) Point: Belief, understanding and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):583-590.



Cohen, I. B. (1985a) *Revolution in Science*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., 711 p.

Cohen, I.B. (1985b) Three notes on the reception of Darwin's ideas on natural selection. Henry Baker Tristram, Alfred Newton, Samuel Wilberforce,. Pp.589-607, En David (Edit.), *The Darwinian Heritage*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1.138 pp.

Cohn, N. S. (1966) *Citología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires., 336 pp.

Cole, F. C. (1959) A witness at the Scopes trial. *Scientific American* 200:121-130.

Cole, J. R. (1983) Scopes and Beyond: Antievolutionism and American Culture, Pp 13-32, En Godfrey, L. R. (Edit.), *Scientists Confront Creationism* Norton, New York, 324 pp.

Coll, C. (1984) Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar. *Infancia y Aprendizaje* 27/28:119-138.

Collingwood, R. G. (1960) *The idea of nature*. Oxford University Press, London, 183 pp.

Comisión Coordinadora Proceso de Admisión a las Universidades Chilenas (1993) *Pruebas de Conocimientos Específicos*, Universidades Chilenas, Santiago de Chile, 60 pp.

Comisión Coordinadora Proceso de Admisión a las Universidades Chilenas (2001) *Pruebas de Conocimientos Específicos*, Universidades Chilenas, Santiago de Chile (www.paa.cl).

Committee on Undergraduate Science Education (1997) *Science teaching reconsidered: a handbook* National Academy Press, Washington, D.C., 88 pp.

Conn, H. W. (1886) *Evolution of to-day; a summary of the theory of evolution as held by scientists at the present time, and an account of the progress made by the discussions and investigations of a quarter of a century*. G. P. Putnam's Sons, New York, London, 342 pp.

Contreras, L. C.; J. C. Torres-Mura y J. L.Yáñez (1987) Biogeography of Octodontid Rodents: An eco-evolutionary Hipótesis. *Fieldiana: Zoology* n.s. 39:401-411.

Cordón, F. (1981) La naturaleza del hombre a la luz de su origen biológico. Anthropos, Barcelona, 160 pp.

Correa Sutil, S. (1996) Darwin en Chile, *Anales de la Universidad de Chile*. 3 (sept. 1996): 203-207.

Cotel, A., (1999) Utilización de la informática en el laboratorio. *Alambique* 19:77-87.

Covarrubias, E. (1965) Microevolución en poblaciones humanas chilenas. I. Flujo genético y siete rasgos en dos poblaciones contrastantes. *Biológica Fasc.* 37:62-77.

Cox, T. M. (1999) Mendel and his legacy. *Q J Med* 92(4): 183-186.

Coyne, J. (2001) Creationism by Stealth. *Nature* 410:745-746.

Cracraft, J. (2004) The New Creationism and its threat to Science Literacy and Education. *BioScience Online* ([http://www.aibs.org/bioscience-editorials/editorial\\_2004\\_01.html](http://www.aibs.org/bioscience-editorials/editorial_2004_01.html)).

Crick, F. H. C. (1966) *Of Molecules and Men*. University of Washington Press, Seattle, Washington, 99 pp.

Crusafont, M. (1969) *El fenómeno vital*. Editorial Labor, Barcelona, 142 pp.

Cruz, N. (2002) *El surgimiento de la Educación Secundaria Pública en Chile, 1843-1876 (El plan de Estudios Humanista)*, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Colección Sociedad y Cultura, Santiago de Chile, 241 pp.

Cruz-Coke, R. (1961) *El hombre y su planeta*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 160 pp.

Cruz-Coke R. (1968) Birth control and human evolution. *Lancet* 7;2(7580):1249.

Cruz-Coke R. (1975) Selección natural en poblaciones humanas *Revista Médica de Chile* 103(1):44-48.

Cruz-Coke R. (1979) Evidencia Demográfica de la relajación de la selección natural en el ser humano *Revista Médica de Chile* 107(7):652-654.

Cruz-Coke, R. (1994) La teoría de la evolución en las Ciencias médicas en Chile. *Revista Médica de Chile* 122:211-214.

Cuello, J. (1982) Los científicos españoles del XIX y el darwinismo. *Mundo Científico* 2(14):534-542.

Cummins, C. L.; S. S. Demastes y M. S. Hafner (1994) Evolution: Biological education's under-research unifying theme. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):445-448.

Cuneo, R. (1927) Darwin en Iquique. *Revista Chilena de Historia y Geografía*. 57

Dagher, Z. R. (1995) Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 32(3):259-270.

Dagher, Z. R. y S. BouJaoude (1997) Scientific Views and Religious Beliefs of College Students: The Case of Biological Evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 34(5):429-445.

Dampier, W. C. (1929) A history of science and its relations with philosophy and religion. The University Press, Cambridge, 514 pp.

Darlington, C. D. (1948) *La evolución de los sistemas genéticos*. Espasa Calpe Argentina, Buenos Aires, 197 pp.

Dart, R. A. y D. Craig (1962) *Aventuras con el eslabón perdido*. Fondo de Cultura Económica, México D. F., 382 pp.

Darwin, C. (1875) *The variation of Animals and Plants under domestication*. 2a. ed. Murray, London, 2 vols.

Darwin, C. (1959-1960) Ocho cartas escritas durante su residencia en Chile en 1834 y 1835. *Anales de la Universidad de Chile, Número extraordinario*. 117-118:96-106.

Darwin, C. (1965) *El Origen del hombre*. Editorial Albatros, Buenos Aires, 2 vols.

Darwin, C. (1977) *Autobiografía y cartas escogidas*, 2 vols. Alianza, Madrid, 490 pp.

Darwin, C. (1977a) *El origen de las especies*. Edaf, Madrid, 533 pp.

Darwin, C. (1987) *Textos fundamentales*. Ediciones Paidós, Barcelona, 311 pp.

Darwin, C. (1996) Darwin en Chile (1932-1935). Viaje de un naturalista alrededor del mundo. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 341 pp.

Darwin, C. (1997) *Darwin en Patagonia y Tierra del Fuego*, Talleres de "Comercial Atelí y Cia. Ltda", Punta Arenas, 133 pp.

Darwin, C. (1998) *Chiloé*. Edición bilingüe preparada por David Yudilevich L. y Eduardo Castro L., Universitaria, Santiago de Chile, 90 pp.

Darwin, C. (1999) *Cartas de Darwin (1825-1859)*. Cambridge University Press, Madrid, 255 pp.

Dawes, J. A. (1977) Kammerer revisited. *Journal of Biological Education* 11(1):21-26.

Dawkins R, (1989) Put Your Money on Evolution, Review of Johanson D. & Edey M.A., "Blueprints: Solving the Mystery of Evolution". *New York Times*, April 9, 1989, sec. 7, pág. 34.

Dawkins, R. (1993) *El relojero ciego*. RBA Editores, Barcelona, 366 pp.

Dawkins, R. (1998) *Escalando el monte improbable*. Tusquets, Barcelona, 374 pp.

Day, M. H. (1971) *El hombre fósil*. Editorial Bruguera, Barcelona, 159 pp.

De Beer, G. (1958) *Embryos and ancestors*. 3a. Ed. Clarendon Press, Oxford, 197 pp.

De Beer, G. (1961) The Origin of Darwin's ideas on Evolution and Natural Selection. *Proceedings of the Royal Society*, B,155:321-338.

De Beer, G. (1970) *Atlas de Evolución*. Omega, Barcelona, 210 pp.

De Chardin, T. (1957) *El grupo zoológico humano*. Taurus, Madrid, 137 pp.

De Chardin, T. (1958) *La aparición del hombre*. Taurus, Madrid, 346 pp.

De Chardin, T. (1965) *El fenómeno humano*. Taurus, Madrid, 379 pp.

De la Gándara, M. y M. J. Gil (1995) El lenguaje oculto en los libros de texto. Ejemplo "El caso de la adaptación de los seres vivos" (2º ciclo ESO). *Aula* 43:35-39.

De la Gándara, M.; M. J. Gil y N. Sanmartí (2002) Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias* 20(2):303-314.

De los Reyes, J. L. (2001) El largo camino de la evolución humana en la historia escolar. En Perales, F. Javier y cols. (eds.), *Las Didácticas de las Áreas Curriculares en el siglo XXI*, Grupo Editorial Universitario, Granada, pp. 1311-1323.

De Manuel, J (1996) ¿Por qué hay fósiles marinos en las montañas?. Algunas concepciones sobre el ciclo y el tiempo geológico. *Alambique* 8:115-123.

De Manuel, J y R. Grau (1996) Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique* 7:53-63.

Deadman, J. A. y P. J. Kelly (1978) What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics?. *Journal of Biological Education* 12(1):7-15.

Delaunay, A. y cols. (1969) *La aparición de la vida y del hombre*. Guadarrama, Madrid, 295 pp.

Delfgaauw, B. (1966) *Teilhard de Chardin y el problema de la evolución*. Ediciones Carlos Lohlé, Buenos Aires, 126 pp.

Delfino, V. (1936) Una crítica al evolucionismo. *Revista Chilena de Historia Natural* 40:28-31.

Demastes, S. S., R. G. Good y P. Peebles (1995) Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in Evolution. *Science Education* 76(6):637-666.

Demastes, S. S., R. G. Good y P. Peebles (1996) Patterns of Conceptual Change in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 33(4):407-431.

Demastes, S. S., J. Settlage y R. Good (1995) Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching* 32(5):535-550.

Demastes, S. S.; , J. E. Trowbridge y C. L. Cummins, (1992) Resource paper on evolution education research. Pp. 42-71, En R.G. Good, J. E. Trowbridge, S. S. Demastes, J. H. Wandersee, M. S. Hafner y C. L. Cummins (Edits.), *Proceedings of the 1992 evolution education research conference*, Louisiana State University, Baton Rouge.

Dennett, D. C. (1999) *La peligrosa idea de Darwin*. Galaxia Gutenberg, Círculo de Lectores, Barcelona, 926 pp.

Denton, M. (1998) *Nature's Destiny. How the Laws of Biology reveal Purpose in the Universe*, The Free Press, 454 pp.

Denton, M. J.; C. J. Marshall y M. Legge (2002) The Protein Folds as Platonic Forms: New Support for the Pre-Darwinian Conception of Evolution by Natural Law. *Journal of Theoretical Biology* 219(3):325-342.

Devillers, C. y J. Chaline (1993) *La teoría de la Evolución*. Akal, Madrid, 383 pp.

Devlin (1999) Where Darwin is a dirty word. *The Guardian, Higher Education* 14 Sept., pág. 4.

DeVore, E. (2003) Astronomía: Censurada en la educación científica. (<http://webs.ono.com/usr035/ACALVOP/edna.htm>)

Di Sarli, M. C. (1999) *De Big Bang al Homo sapiens. Una aproximación al proceso evolutivo*. Aique, Carrera Docente, Buenos Aires, 168 pp.

Di Trocchio, F. (1998) *Las mentiras de la Ciencia*. Historia de la ciencia. Alianza Editorial, Madrid, 469 pp.

Diamond, J. (1994) El tercer chimpancé. Evolución y futuro del animal humano. Espasa Calpe, Madrid, 508 pp.

Diamond, J. (1999) *¿Por qué es divertido el sexo?*. Ed. Debate, Madrid, 213 pp.

Díaz, J. A. y T. Santos (1998) Zoología. Aproximación evolutiva a la diversidad y organización de los animales. Editorial Síntesis, Madrid, 223 pp.

Díaz, N. y A. Veloso. (1979) Sistemática y evolución de los anfibios de Chile *Archivos de Biología y Medicina Experimental* 12: 59-70.

Dickson, R. E. (1986) *El ocaso de los incrédulos*. Libros CLIE, Barcelona, 437 pp.

Disessa, A. A. (1982) Unlearning Aristotelian Physics: a study of Knowledge-based learning. *Cognitive Science* 6:37-75.

Downie, J. R. y N. J. Barron (2000) Evolution and religión: attitudes of Scottish first year biology and medical students to the teaching of evolutionary biology. *Journal of Biological Education* 34(3):139-146.

Dobzhansky, T. (1956) Balanced polymorphism in *Drosophila* and in *Homo*. *Biológica* Fasc. 22:7-10.

Dobzhansky, T. (1966) *La evolución, la genética y el hombre*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 407 pp.

Dobzhansky, T. (1969) *Evolución humana*. Ediciones de la Universidad de Chile – Ediciones Ariel, Barcelona, 396 pp.

Dobzhansky, T. (1969a) *Herencia y Naturaleza del hombre*. Editorial Losada, Buenos Aires, 190 pp.

Dobzhansky, T. (1970) *Genetics and the Evolutionary Process*. Columbia University Press, New York, 364 pp.

Dobzhansky, T. (1973) Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher* 35:125-129.

Dobzhansky, T., F. J. Ayala, G.L. Stebbins y J. W. Valentine (1980) *Evolución*. Omega, Barcelona, 558 pp.

Dodson, E. O. (1963) *Evolución. Proceso y resultado*. Omega, Barcelona, 411 pp.

Dolph, G. E. y L. L. Dolph (1990) A biological time capsule: Fossil fish. *The Science Teacher* 57(8):40-44.

Doménech, J. L. (1999) *Evolución regresiva del Homo sapiens. Una nueva hipótesis evolutiva (autoedición)*, Oviedo, Asturias, 231 pp.

Domingo, E. (1994) *Virus en evolución*. Eudema, Madrid, 95 pp.

Dommergues, J. L.; B. David y D. Marchand (1986) Les relations ontogenese-phylogenese: applications paléontologiques. *Géobios* 19(3):335-356.



Draghi, C. (2003) Docentes aplazados en evolución, *Exactamente* 10(27):42-45, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, Buenos Aires.

Drathen, T. (1925) *Compendio de la Teoría de la Evolución Orgánica para el uso de Colegios*. Imprenta y Litografía La Ilustración, Santiago de Chile, 198 pp.

Driver, R. (1988) Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 6(2):109-120.

Driver, R. y V. Oldham (1986) A constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education* 13:105-122.

Duellman, W.E. y A. Veloso (1977) Phylogeny of Pleurodema (Amphibia-Leptodactylidae). A Biogeographic model. *Occasional Papers Museum Natural History University of Kansas* 64: 1-46.

Duit, R. y D. F. Treagust (1998) Learning in Science – from behaviourism towards social constructivism and beyond. Pp. 3-26, En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Edits.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, 1.271 pp.

Duke, A. R. H. (1958) Darwin centenary celebrations. *Biológica* 25:31-33.

Dupré, J. (1992) Species: Theoretical Contexts, Pp. 312-317, En E. Keller y E. Lloyd (eds), *Keywords in Evolutionary Biology*, Harvard University Press, Cambridge MA, 414 pp.

Duschl, R. A. y D. H. Gitomer (1991) Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching* 28 (9):839-858.

Duveen, J. y J. Solomon (1994) The great evolution trial: Use of role-playing in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):575-582.

Dyson, F. J. (1999) *Los orígenes de la vida*. Cambridge University Press., Madrid, 88 pp.

Ebel, G. (1936) *Temas de Biología General. Conforme al programa de 1935*. Sexto año de humanidades. Ed. Nascimento, Santiago de Chile, 446 pp.

Ebel, G. (1952) *Biología general, higiene y temas de Biología conforme al programa vigente*. Sexto humanidades. Ed. Nascimento, Santiago de Chile, 574 pp.

Eden, M. (1967) Inadequacies of neo-Darwinian evolution as a scientific theory. Pp. 5-12, En Paul S. Moorhead y Martin M. Kaplan (Eds.), *Mathematical challenges to the neo-Darwinian interpretation of evolution*, The Wistar Institute Symposium Monograph Number 5.

Edwards, F. (1980) Short items. *Creation/Evolution* 2:45.

Edwards, F. (1982) Creation-evolution debates: Who's winning them now?. *Creation/Evolution* 3(2):30-42.

Eiseley, L. (1963) *El firmamento del tiempo*. Compañía General Fabril Editora, Buenos Aires, 157 pp.

Eldredge, N. (1997) *Síntesis inacabada. Jerarquías biológicas y pensamiento evolutivo moderno*. Fondo de Cultura Económica, Madrid, 284 pp.

Engel E. y C. Wood (1985) Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education* 19(4):304-310.

Espinosa, J. (1946) *El abate Molina: uno de los precursores de Darwin*. Zigzag, Santiago de Chile, 191 pp.

Eve, R. A. y D. Dunn (1989) High school biology teachers and pseudoscientific belief: Passing it on? *The Skeptical Inquirer* 13:260-263.

Eve, R. A. y D. Dunn (1990) Psychic powers, astrology, and creationism in the classroom? *American Biology Teacher* 52:10-21.

Eve, R. A. y F. B. Harrold (1990) *The creationist movement in modern America*. B. Twayne Publishers, Boston, 234 pp.

Fabian, A. C. (2001). *Evolución. Sociedad, ciencia y Universo*. Tusquets, Barcelona, 262 pp.

Farb, P. (1966) *Ecología*. Time-Life, México D. F., 192 pp.

Fernández, J. y N. Elortegui (1996): ¿Qué piensan los profesores de cómo se debe enseñar?. *Enseñanza de las Ciencias* 14(3), 331-342.

Fernández, M. (1997) La historia de la Ciencia en la Enseñanza de las Ciencias, Pp. 225-232, en R. Jiménez y A. M. Wamba (Edits.), *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Universidad de Huelva.

Fernández Concha, R. (1900) *Del hombre en el orden sicológico, en el religioso y en el social*. 2 vols., Impr. de E. Pérez, Santiago de Chile.

Ferrari, M. y M. Chi (1998) The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education* 20:1231-1256.

Figuiet, L. (1854) *Esposición e historia de los descubrimientos modernos* Impr. de Julio Belin, Santiago de Chile, 314 pp.

Firenze, R. (1997) Lamarck vs. Darwin: Dueling Theories. *Reports of the National Center for Science Education* 17(4):9-11.

Fischer, A. (2001) *Evolución... el nuevo paradigma*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 171 pp.

Fisher, K.M.(1983) Amino acids and translation: A misconception in biology. Pp. 407-419, en H. Helm y J. D. Novak (Edits.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University.

Fiske, J. (1884) *The Destiny of Man viewed in the light of his origin* Houghton, Mifflin and Company, Boston and New York. 121 pp.

Fiske, J. (1899) *Through Nature to God*. Houghton, Mifflin and Company, Boston and New York, 194 pp.

Flammer, L. (2001) *Molecular sequences & Primate Evolution*. Evolution and the Nature of Science Institutes (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/mol.prim.html>)

Flammer, L. (2002) *Deep Time*. Finding the age of rocks & fossils. (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/deep.les.html>)

Flammer, L. (2003) *Time Machine*. Evolution and the Nature of Science Institutes (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/time.mac.html>)

Flores, L., U. Hidalgo y D. Varela (2001) *Biología. Educación Media. III*. Santillana del Pacífico, Santiago de Chile, 160 pp.

Foley, R. (1997) *Humanos antes de la Humanidad*. Edicions Bellaterra, Barcelona, 239 pp.

Formas, J. R.; J. J. Núñez y L. M. Brieva (2001) Osteología, taxonomía y relaciones filogenéticas de las ranas del género *Telmatobufo* (Leptodactylidae). *Revista Chilena de Historia Natural* 74(2):365-387.

Fortín, C. (1967) *Nueva Enciclopedia de Chile*. Juan C. Granda y Jorge R. Corvalán Editores, Argentina, 3 vols.

Frías, D. A. (2001) Diferencias genéticas y morfológicas de los estados inmaduros de dos razas de *Rhagoletis conversa* (Bréthes) (Diptera: Tephritidae) asociadas a plantas *Solanum*: distribución geográfica y posible origen en simpatria de una nueva especie. *Revista Chilena de Historia Natural* 74(1):73-90.

Frías Valenzuela, F. (2000) *La Historia de Chile*. Empresa Editora Zigzag, Santiago de Chile, Tomo 3, págs. 228-320.

Fry, P. (1977) *Gryphaea* and *Cepaea* – case studies for teaching evolution. *Journal of Biological Education* 11(1):12-20.

Fuenzalida, A. (1933) Darwin en Chile. *Anales de la Universidad de Chile* año XCI, 12, 3<sup>a</sup>. Ser: 82-114.

Furió C. y Gil D. (1978) *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química en el Bachillerato*, Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Valencia, Valencia, 52 pp.

Furió, C., J. Hernández y H. Harris (1987) Parallels between adolescents' conceptions of gases and the history of Chemistry. *Journal of Chemical Education* 64(7):617-618.

Futuyma, D. J. (1979) *Evolutionary Biology*. Sinauer Ass. Inc., Sunderland, Massachusetts, 565 pp.

Futuyma, D. J. (1995) *Science on Trial*. Sinauer Ass., Sunderland, MA, 287 pp.

Gagliardi, R. (1988) Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 6(3): 291-296.

Gajardo, G. y J. A. Beardmore (2001) Coadaptación: lecciones desde el camarón de salmuera *Artemia*, "la *Drosophila* acuática" (Crustacea; Anostraca). *Revista Chilena de Historia Natural* 74(1):65-72.

Galagovsky, L. R.; L. Bonán y A. Adúriz Bravo (1998) Problemas con el lenguaje científico en la Escuela. Un análisis desde la observación de clases de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias* 16(2):315-321.

Galmarini, C. (1995) Al parecer para la educación argentina Darwin no existió. *Diario Los Andes* 7 agosto 1995.

Gallardo, M. H. (1989) Evolución cariotípica en *Ctenomys* (Rodentia, Ctenomyidae) y clados hermanos. *IX Congreso Latinoamericano de Genética - II Congreso Peruano de Genética, Asociación Latinoamericana de Genética*, Lima, Perú, 1-5 octubre.

Gallardo, M. H. (1997) Determinismo estructural: ¿teoría científica o dogma? *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 315-319.

Galleguillos, R., L. Troncoso y C. Oyarzún. (1997) Diferenciación poblacional en la Sardina común *Strangomera bentincki* (Norman 1936), I: Análisis genético de variabilidad proteínica (Pisces: Clupeidae) *Revista Chilena de Historia Natural* 70:345-355.

Galleguillos, R., L. Troncoso y C. Oyarzún. (1999) Parentesco evolutivo en merluzas del Pacífico Sur. *Merluccius gayi* (Guichenot,1848), *Merluccius australis* (Hutton, 1872), *Merluccius hubbsi*, Marini 1933. *Revista Chilena de Historia Natural* 72(3): 315-324.

Gallup, G. H. y Newport, F (1991) Belief in paranormal phenomena among adult americans. *Skeptical Inquirer* 15(2):137-147.

Gardner, H. (1983) *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books, New York, 440 pp.

Gardner, H. (1999) *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21<sup>st</sup> Century*. Basic Books, New York, 292 pp.

Gardner, M. (2001) *¿Tenían ombligo Adán y Eva?. La falsedad de la seudociencia al descubierto*. Editorial Debate, Madrid, 395 pp.

Garzón, L. (1996) *El origen de la vida (Un nuevo escenario)*. Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones, 253 pp.

Gauld, C.F. (1991). History of science, individual development and science teaching. *Research in Science. Education*, 21:133-140.

Gauld, C. F. (1992) Wilberforce, Huxley & the use of history in teaching about evolution. *The American Biology Teacher* 54:406-410.

Gendron, R. P. (2000) The classification & evolution of caminalcules. *The American Biology Teacher* 62:570-576.

Gené, A. (1991) Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las Ciencias* 9(1):22-27.

Ghiselin, M. T (1983) *El triunfo de Darwin*. Cátedra, Madrid, 278 pp.

Gil, D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 1(1):26-33.

Gil, D. (1987) Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela* 3:3-12.

Gil, D. (1993) Contribución de la Historia y de la Filosofía de la Ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 11(2):197-212.

Gil, D. y J. Carrascosa (1985) Science learning as a Conceptual and Methodological Change. *European Journal of Science Education*. 7(3):231-236.

Gil, D., J. Carrascosa y F. Martínez (2000) Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En Perales, F. J. y Cañal de León, P. *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Ed. Marfil – España, 704 pp.

Gil, D.; V. Gavidia; A. Vilches y J. Martínez (1998) La educación científica ante las actuales transformaciones científico-tecnológicas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. 12:43-63.

Gil, D. y P. Valdés (1996) La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias* 14(2):155-163.

Gil, D. y J. Martínez-Torregrosa (1983) Los Programas-Guía de Actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las Ciencias. *Investigación en la Escuela* 3:3-12.

Gilbert, S. W. (1989) An evaluation of the use of analogy, simile and metaphor in science text. *Journal of Research in Science Teaching* 26(4):315-327.

Gilkey, L. (1998) *Creationism on Trail: Evolution and God at Little Rock*, University of Virginia Press, Virginia, 304 pp.

Gillis, A.M. 1994. Keeping creationism out of the classroom. *Bioscience* 44(10):650-656.

Gilson, E. (1980) *De Aritóteles a Darwin (y vuelta)*. Eunsa, Pamplona, 346 pp.

Giordan, A. (1989) De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico. *Investigación en la Escuela* 8:3-14.

Gipps, J. (1991) Skulls and human evolution: The use of cases of anthropoid skulls in teaching concepts of human evolution. *Journal of Biological Education* 25:283-290.

Gish, D. T. (1974) *¿Le han lavado el cerebro?* Publicaciones Españolas, Milwaukee, Wisconsin, 30 pp.

Glanz, J. (2000) 79% back creationism in Schools. *The Denver Post* 11 march 2000, págs. 1, 9.

Glanz, J. (2001) Evolutionists Battle New Theory of Creation. *New York Times* April 8, pág. 1.

Glavic, N. y L. Capurro (1965) *Los grandes principios unificadores de la Biología. Texto de Biología para 6° año*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 140 pp.

Glavic, N. y G. Ferrada (1982) *Biología*. Ediciones Pedagógicas Chilenas, Librería Francesa, Santiago de Chile, 103 pp.



Glavic, N. y G. Ferrada (1986) *Biología 4° año Educación Media. En conformidad con los nuevos programas del Ministerio de Educación Pública* Primera edición, Ediciones Pedagógicas Chilenas, Librería Francesa, Santiago de Chile, 128 pp.

Glavic, N. y G. Ferrada (1991) *Biología 4° año Educación Media. En conformidad con los nuevos programas del Ministerio de Educación Pública* Sexta edición, Ediciones Pedagógicas Chilenas, Librería Francesa, Santiago de Chile, 128 pp.

Glavic, N. y G. Ferrada (1998) *Biología IV año Medio*. Dolmen Educación, Santiago de Chile, 317 pp.

Glenn, W. H. (1990) Treatment of select concepts of Organic Evolution and the History of Life on Earth in three series of High School Earth Science Textbooks, 1960-1989. *Science Education* 74(1):37-52.

Glick, T. F. (1982) *Darwin en España*. Ediciones Península, Barcelona, 122 pp.

Glick, T. F. (1989) *Darwin y el darwinismo en el Uruguay y en América Latina*. Universidad de la República, Montevideo, 136 pp.

Glick, T. F.; R. Ruiz y M. A. Puig-Samper (Edits.) (1999) *El darwinismo en España e Iberoamérica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ediciones Doce Calles, Madrid, 333 pp.

Godoy, H. (1982) *La cultura chilena*. Edit. Universitaria, Santiago de Chile, 554 pp.

Godoy, H. y A. Lastra (1994) *Ignacio Domeyko, un testigo de su tiempo*. Universitaria, Santiago de Chile, 365 pp.

Godoy-Herrera, R. (2000) La conducta de larvas de *Drosophila* (Diptera; Drosophilidae): su etología, desarrollo, genética y evolución. *Revista Chilena de Historia Natural* 74(1):55-64.

Goff, C. (1995) Survival of the fittest: Making a practical connection to Darwin's theory. *The Science Teacher* 62(6):24-25.

Goldsmith, D. (1977) *Scientists confront Velikovsky*. Cornell University Press, Ithaca, New York, 183 pp.

González, F. y M. Tamayo (2000) Sobre el origen de los conocimientos previos en biología: elementos comunes entre el alumnado y los libros de texto. *Revista de Educación de la Universidad de Granada* 13:199-215.

González, Z. (1886) *Historia de la Filosofía*. 2ª edic. A. Pérez Dubrulli, Madrid, 4 vols.

Good, R. (1992) Evolution education: An area of needed research. *Journal of Research in Science Teaching* 29:1019.

Goodman, E. (1999) Those ever-evolving creationists. *The Boston Globe* Aug. 19, Sect. A, pág. 19.

Goodson, I. F. (1995) Historia del currículum. La construcción social de las disciplinas escolares. Pomares-Corredor, Barcelona, 239 pp.

Goodwin, B. (1998) Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad. Tusquets, Barcelona, 307 pp.

Gosse, P. H. (1857) *Omphalos: an attempt to unite the geological knot*. J. Van Voorst, London, 376 pp.

Gough, N. P. (1978) The necessity of evolution: law and logic in Darwin's explanation. *Journal of Biological Education* 12(1):3-6.

Gould, S. J. (1982) Darwinism and the expansion of the evolutionary theory. *Science* 216:380-387.

Gould, S. J. (1983a) *Desde Darwin. Reflexiones sobre historia natural*. Hermann Blume, Madrid, 313 pp.

Gould, S. J. (1983b) *El pulgar del panda*. Hermann Blume, Madrid, 352 pp.

Gould, S. J. (1984) *Dientes de gallina y dedos de caballo*. Hermann Blume, Madrid, 415 pp.

Gould, S. J. (1986) Evolution and the triumph of homology, or why history matters. *American Scientist* 74:60-69.

Gould, S. J. (1991) *La vida maravillosa*. Crítica, Barcelona, 357 pp.

Gould, S. J. (1995) *La sonrisa del flamenco. Reflexiones sobre Historia Natural*. Crítica, Barcelona, 398 pp.

Gould, S. J. y R. Lewontin (1979) The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings Royal Society London*, B. 205:581-598.

Gould, S. J. y E. S. Vrba (1982) Exaptation – a Missing term in the Science of Form. *Paleobiology* 8(1):4-15.

Gourev, G. (1960) *Darwinisme et Religion. La lutte ideologique en Biologie*. Editions Langues Etrangeres, Moscú, 227 pp.

Grabiner, J. V. y P. D. Miller (1974) Effects of the Scopes trial. *Science* 185:832-837.

Grasa Hernández, R. (2002) *El evolucionismo: De Darwin a la sociobiología*. Ediciones Pedagógicas, Madrid, 192 pp.

Grassé, P.P. (1955) Sous-classe des Protothériens. Pp. 47-92, En P. P. Grassé (Edit.), *Traité de Zoologie. Anatomie – Systematique – Biologie*. Tome XVII, Premier Fascicule, Masson et Cie, Paris, 1.167 pp.

Grassé, P. P. (1977) *Evolución de lo viviente*. Hermann Blume, Madrid, 393 pp.

Grassé, P.P. (1980) *Zoología. 4. Vertebrados. Reproducción, biología, evolución y sistemática. Aves y Mamíferos*. Toray-Masson, Barcelona, 414 pp.

Grau, R. (1993) Revisión de las concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias* 11(1):87-89.

Grau, R. y J. De Manuel (2002) Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique* 32:56-64.

Gray, A. (1963) *Darwiniana: Essays and Reviews Pertaining to Darwinism*. Edited by A. Hunter Dupree. Harvard University Press, Cambridge, 327 pp.

Gray, A. (1880) *Natural Science and Religion: Two Lectures Delivered to the Theological School of Yale College*. Charles Schreiber's and Sons, New York, 111 pp.

Gray, A. T. (1972) *Mammalian Hybrids: a check-list with bibliography* Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, 262 pp.

Greene, J. C. (1963) *Darwin and the Modern World View*. Mentor Books, New York, 126 pp.

Greene, E. D. (1990) The logic of university students' misunderstanding of Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching* 27(9):875-885.

Greenwood, M. R. C. y K. K. North (1999) Science through the looking glass: Winning the battles but losing the war?. *Science* 286:2071-2079.

Grene, M. (1974) *The Understanding of Nature. Essays in the Philosophy of Biology*. Reidel, Boston, 374 pp.

Gribbin, J. (1986) *Génesis. Los orígenes del hombre y del Universo*. Salvat, Barcelona, 345 pp.

Grigg, R. (1999–2000) Darwin quisling. *Creation Ex Nihilo* 22(1):50-51.

Guerrierie, F. W. (1999) Beak adaptations. *Science Scope* 22(4):19-21.

Gumucio, A. (1904) *El transformismo darwiniano*. Revista Católica, Santiago de Chile, 256 pp.

Gunckel, H. (1958) Homenaje al R. P. Teodoro Drathen, presidente de la Academia Chilena de Ciencias Naturales. *Anales de la Academia de Ciencias Naturales* 43(22):5-6.

Gunckel, H. (1970) El origen de los organismos vivientes según el Abate Molina. Primera Parte *Boletín de la Universidad de Chile* 104:4-9.

Gunckel, H. (1970a) El origen de los organismos vivientes según el Abate Molina. Segunda Parte. *Boletín de la Universidad de Chile* 105:11-16.

Gunther, B. (1992) La evolución del cerebro en los vertebrados: implicaciones para la especie humana. *Revista Médica de Chile* 120(6):717-719.

Gusinde, M. (1951) *Hombres primitivos en la Tierra del Fuego (de investigador a compañero de tribu)*. Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla, Sevilla, 398 pp.

Guyénot, E. (1964) *El Origen de las especies*. Diana, México D. F., 136 pp.

H. E. C. (s/a) *Nociones elementales de Ciencias con aplicación a la Higiene, Industria y Agricultura*. 4ª. Edición. Obras de Enseñanza Primaria y Secundaria. Procuraduría “Escuelas Cristianas”, Santiago de Chile, 317 pp.

Haacke; W. (1893) *Gestaltung und Vererbung Eine Entwicklungsmechanik der Organismen*. Eigel, Leipzig, 337 pp.

Hackling, M. y D. Treagust (1984) Research data necessary for meaningful review of grade-ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching* 21:197-209.

Haeckel, E. (s/a) Estado actual de nuestros conocimientos sobre el Origen del Hombre. El monismo, lazo entre la religión y la ciencia. Segunda edición. F. Granada y Cia, Barcelona, Madrid, 179 pp.

Hafner, J. C. y M. S. Hafner (1992) Laboratory investigations and discussions: An alternative pedagogical strategy in evolutionary biology. Pp. 115-123, en R. G. Good y cols. (edits.), *Proceedings of the Evolution Education Research Conference*, Louisiana State University, Baton Rouge.

Hagman, M.; C. Olander y A. Wallin (2001) Teaching and learning about the biological evolution: a preliminary teaching-learning sequence. *Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society (ESERA)*, Thessaloniki, Greece, aug. 2001 (<http://www.ped.gu.se/personal/mats.hagman/Publications/esera.htm>).

Hagman, M.; C. Olander y A. Wallin (2002) Research-based teaching about Biological Evolution. *The Conference of European Researchers in Didaktik of Biology ERIDOB 2002*, Toulouse, France, 22-26 Oct.

Haldane, J. B. S. (1935) Darwinism under revision. *Rationalist Ann.* 1935:19-29.

Halldén, O. (1988) The evolution of species: Pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education* 10(5):541-552.

Hallet, C. (1996) *Del Big-bang a Adán y Eva*. Ediciones Universitarias, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, 62 pp.

Hardin, G. (1961) *Nature and Man's Fate*. The New American Library, New York, 320 pp.

Harms, N. C. y R. E. Yager (1981) *What research says to the science teacher*. National Science Teacher Association, Washington D. C., 7 vols.

Harper, G. W. (1977) Darwinism and indoctrination. *School Science Review* 59(207):258-268. Correspondencia sobre el tema en *School Science Review* 59(209):763-767.

Harris, C. L. (1985) *Evolución. Génesis y revelaciones*. Hermann Blume, Madrid, 455 pp.

Harrold, F. B. y R. A. Eve (1995) Pattern of Creationism Belief among college students, Pp. 68-90, En R. A. Eve y F. B. Harrold (Edits.), *Cult archaeology and Creationism*. University of Iowa Press, Iowa City, 63 pp.

Hass, H. (1989) *Del pez al hombre*. Salvat, Barcelona, 274 pp.

Haury, D. L. (1996) Teaching evolution in School Science Classes. *ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education Columbus OH* ([http://www.ericfacility.net/databases/ERIC\\_Digests/ed402148.html](http://www.ericfacility.net/databases/ERIC_Digests/ed402148.html)).

Hazard, E. B. (1998) Teaching about “intermediate forms”. *The American Biology Teacher* 60:359-361.

Hemleben, J. (1971) *Darwin*. Alianza, Madrid, 196 pp.

Hendry, G. D. y R. C. King (1994) On theory of learning and knowledge: educational implications of advances on neuroscience, in science education. *Science Education*, 8(3), 223-253.

Herrera, A. (1904) La fotosíntesis artificial. El orijen de la vida. *Revista Chilena de Historia Natural* 8(4-5):178-179.

Hewson, P. W. (1981) A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education* 3:383-396.

Hewson, P. W.; M. E. Beeth y N. R. Thorley (1998) Teaching for conceptual change. Pp. 199-218, En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Edits.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, 1.271 pp.

Hewson, P. y M. Hewson (1984) The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science* 13:1-13.

Hey, J. (1997) A reduction of "species" and a resolution of the species problem (<http://lifesci.rutgers.edu/sconcept/introduction.html>).

Hidalgo, U., J. M. Jeréz, V. Ramírez y D. Varela (1994) *Ciencias Biológicas. Educación Media. Plan Común IV*. Santillana del Pacífico, Santiago de Chile, 142 pp.

Hidalgo, U., J. M. Jeréz, V. Ramírez y D. Varela (1995) *Ciencias Biológicas. Educación Media. Plan electivo III y IV* Santillana del Pacífico, Santiago de Chile, 320 pp.

Hidalgo, U. y D. Mora (2001) *Naturaleza. Enseñanza Básica 8*. Santillana del Pacífico, Santiago de Chile, 175 pp.

Hidalgo Ebel, M. (1956) El origen de la vida. *Boletín de la Sociedad Científica de Chile*. Tercera Época 5:12-13.

Hilbish, T. J. y M. Goodwin (1994) A simple demonstration of natural selection in the wild using the common dandelion. *The American Biology Teacher* 56(5):286-290.

Hitching, F. (1982) *The neck of the Giraffe: Where Darwin went wrong*. Ticknor and Fields, New Haven, Conn, 288 pp.

Hodson, D. (1985) Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education* 12:25-57.

Hodson, D. (1988) Towards a phylosophically more valid Science Curriculum. *Science Education* 72(1):19-40.

Hodson, D. (1999) Trabajo de laboratorio como método científico: tres décadas de confusión y distorsión. *Revista de Estudios del Currículum* 2(2):52-83.



Hoecker, G. (1958) Las contribuciones de Darwin y Wallace al pensamiento biológico moderno. *Biológica* 25:51-54.

Hoenigsberg, H. F. (1992) Epi & extra nucleic inheritance. Lamarckian inheritance as non mendelian inheritance. *Evolución Biológica* 6:225-233.

Hofstadter, R. (1955) *Social darwinism in America thought*. Beacon Press, Boston, 248 pp.

Horvat S., A. (1958) Algunas consideraciones acerca del desarrollo del concepto de la evolución. *Revista Científica*. Tercera Época 7:25-28.

Horvat S., A. (1982) *El hombre y la Evolución*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 54 pp.

Horvat S., A. (1984) *Evolución*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 121 pp.

Horvat S., A. y C. Weiss R. (1979) *Nociones de Biología. 4° año de enseñanza media. 9ª*. Edición, Ed. Salesiana, Santiago de Chile, 228 pp.

Horvat S., A. y C. Weiss R. (1989) *Nociones de Biología. 4° año de enseñanza media. 12ª*. Edición, Ed. Salesiana, Santiago de Chile, 147 pp.

Howard, J. (1987) *Darwin*. Alianza, Madrid, 141 pp.

Hoyle, F. (1984) *El Universo Inteligente*. Grijalbo, Barcelona, 256 pp.

Hubrecht, A. A. W. (1897) *The descent of the Primates*. Charles Scribner's Sons, New York, 41 pp.

Hull, D. L. (1973) *Darwin and his critics: The reception of Darwin's theory of evolution by the scientific community*. Harvard University Press, Cambridge, 473 pp.

Humphreys, J. (1996) Lamarck and the general theory of evolution. *Journal of Biological Education* 30(4): 295-303.

Huse, S. M. (1996) *El colapso de la Evolución*. Chick Publications, Chino, CA, 208 pp.

Huxley, J. (1952) *La genética soviética y la ciencia mundial*. Editorial Hermes, México D.F., 247 pp.

Huxley, J.(1963) *Evolution in Action*. Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, 167 pp.

Huxley, J. (1965) *La Evolución. Síntesis moderna*. Losada, Buenos Aires, 593 pp.

Huxley, J. (1967) *La originalidad del hombre*. Ediciones Siglo Veinte, Buenos Aires, 207 pp.

Huxley, J., H. G. Wells y G. P. Wells (1958) *La Ciencia de la vida*. Aguilar, México D.F., 1024 pp.

Huxley, T. H. (1873) *Critiques and Addresses*, D. Appleton and Company, New York, 317 pp.

Huxley, T. H. (1878) Evolution in Biology, vol. 8, pp. 744-51, En *The Encyclopaedia Britannica, a dictionary of arts, sciences, and general literature*. 9 ed. Black, Edinburgh.

Huxley, T. H. (1888) On the reception of *The Origin of Species*. Pp. 179-204, En F. Darwin (Edit.), *The Life and Letters of Charles Darwin*, Vol. 1, Murray, London, 3 vols.

Insua, P. (2002) Buffon en el Darwinismo *El Catoblepas* 10:22-27.

Irons, P. (1994) Coraje de sus convicciones: Dieciséis norteamericanos que lucharon para llegar a la Corte Suprema. Abeledo-Perrot, Buenos Aires, 512 pp.

Iturra P, A Veloso, P. Espejo y P. Navarro (1994) Karyotypic and meiotic evidence for a Robertsonian chromosome polymorphism in the lizard *Liolaemus fuscus* (Tropiduridae, Sauria). *Revista Brasileira de Genetica* 17(2): 171-174.

Jacob, F. (1972) *La lógica de lo viviente*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 299 pp.

Jacobs, J. (1971) Selección. Pp. 95-114, En H. Querner y otros, *Del Origen de las Especies*, Alianza, Madrid, 193 pp.

Jacobs, J. (1971a) Adaptaciones. Pp. 115-139, En H. Querner y otros, *Del Origen de las Especies*, Alianza, Madrid, 193 pp.

Jaffuel, F. (1913) *Elementos de Zoología*. Colegio de los Sagrados Corazones. Imprenta Cosmos, Santiago de Chile, 127 pp.

James, R. Y S. Smith (1985) Alienation of Students from Science in Grades 4-12. *Science Education* 69:39-45.

Jan Ryn, Z. (1994) *Ignacio Domeyko: ciudadano de dos patrias*. Eds. Universitarias UCN, Antofagasta, 22 pp.

Jara, F. (1966) *Biología: texto para el 6° año de Humanidades de acuerdo con el nuevo programa*. Fondo Edit. Educ. Moderna, Santiago de Chile, 197 pp.

Jara, F. (1969) *Biología: texto para el 6° año de Humanidades de acuerdo con el nuevo programa*. Fondo Edit. Educ. Moderna, Santiago de Chile, 184 pp.

Jastrow, R. (1970) *La evolución de las estrellas, los planetas y la vida*. Roble, México D. F., 216 pp.

Jeffery, K. R. y Roach, L. E. (1994) A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school textbooks. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5): 507-518.

Jensen, J. V. (1988) Return to the Huxley Wilberforce Debate. *British Journal of History of Science* 21:161-180.

Jensen, M. S. y F. N. Finley (1995) Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education* 79(2):147-166.

Jensen, M. S. y F. N. Finley (1996) Changes in Students' Understanding of Evolution Resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching* 33(8):879-900.

Jensen, M. S. y F. N. Finley (1997) Teaching evolution using historically rich curriculum & paired problem solving instructional strategy. *The American Biology Teacher* 9:208-212.

Jerez, V. (1998) *Evolución Biológica: síntesis histórica y evidencias*. Ministerio de Educación, Programa Mece Media, Santiago de Chile, 64 pp.

Jiménez, M. P. y J. Fernández (1989) ¿Han sido seleccionados o se han acostumbrado?. Ideas de estudiantes de biología sobre la selección natural y consistencia entre ellas. *Infancia y aprendizaje* 47:67-81.

Jiménez, M. P. (1991) Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias* 9(3):248-256.

Jiménez, M. P. (1992) Thinking about theories or thinking with theories?. A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education* 14(1):51-61.

Jiménez, M. P. (1994) Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and instructors. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):519-535.

Jiménez, M. P. (1996) La variabilidad en la descendencia: comparación de teorías alternativas. *Alambique* 8:33-41.

Jiménez, M. P. (1998) Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 16(2):203-216.

Jiménez, M. P. (2002) Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido olfato?. *Alambique* 32:48-55.

Jiménez, M. P. y J. Fernández (1987) El “desconocido” artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias* 5(3):239-246.

Jobet, J. C. (1970) *Doctrina y praxis de los educadores representativos chilenos*. Andrés Bello, Santiago de Chile, 631 pp.

Johnson, G. (1999) It's a Fact: Faith and Theory collide over Evolution. *The New York Times* 16 Aug. 1999 ([http://www.nytimes.com/learning/teachers/featured\\_articles/19990816\\_monday.html](http://www.nytimes.com/learning/teachers/featured_articles/19990816_monday.html))

Johnson, P. E. (1995) *Proceso a Darwin*. Editorial Portavoz, Grand Rapids, 240 pp.

Jones, F. W. (1929) *Man's Place among the Mammals*. E. Arnold and Co., London, 372 pp.

Jones, R. E. (1987) Evolution & Creationism: the consequences of an analysis for education. *Interdisciplinary Science Reviews* 12: 324-332.

Joravsky, D. (1986) *The Lysenko Affair*. University Chicago Press, Chicago, 459 pp.

Juan Pablo II (1997) El origen del hombre. *Mensaje* 456:30-32, Santiago de Chile.

Juanes, J. A. y Espinel, J. L. (1995) Realidad virtual, ¿futuro en la enseñanza?. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 9:53-62.

Jungwirth, E. (1975) The problem of teleology in Biology as a problem of Biology – teacher Education. *Journal of Biological Education* 9(6):243-246.

Jungwirth, E. (1975a) Preconceived adaptation and inverted evolution. *Australian Science Teachers Journal* 21:95-100.

Jungwirth, E. (1977) Should natural phenomena be described teleologically or anthropomorphically?. A science educator's view. *Journal of Biological Education* 11(3):191-196.

Kaiser, J. (1995) Dutch debate tests on evolution. *Science* 269 p. 911.

Kalumuck, K. (2003) *Date a Rock!*. An age-dating simulation. (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/date.les.html>)

Kammerer, P. (1924) *The Inheritance of Acquired Characteristics*. Boni and Liveright, New York, 414 pp.

Kantor, J. R. (1990) *La evolución científica de la Psicología*, Trillas, México D. F., 647 pp.

Kardong, K. V. (1999). *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 732 pp.

Kargbo, D. B.; E. D. Hobbs y G. Erickson (1980) Children beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education* 14:137-146.

Keller, C. (1959-1960) Darwin y Chile. *Anales de la Universidad de Chile*, Número extraordinario. 117-118:107-137.

Kenkel, L. A. (1985) A case against scientific creationism: A look at content issues. *Science Education* 69(1):59-68.

Keown, D. (1982) Scaling our cosmic prison. *The Science Teacher* 49:52-54.

Keown, D. (1988) Teaching evolution: Improved approaches for unprepared students. *The American Biology Teacher* 50:407-410.

Kindfield, A. C. H. (1994) Understanding basic biological process: expert and novice model of meiosis. *Science Education* 78(3):255-283.

Kinna, R. (1995) Kropotkin's theory of Mutual Aid in historical context. *International Review of Social History* 40:259-283.

Kitcher, P. (1993) *The advancement of science: Science without legend. Objectivity without illusions.* Oxford University Press, New York, 421 pp.

Knapp, P. A. y J. M. Thompson (1994) Lessons in biogeography: Simulating evolution using playing cards. *Journal of Geography* 93(2):96-100.

Koenig, L. (1971) *Bryan: A political biography of William Jennings Bryan.* Putnam, New York, 736 pp.

Koestler, A. (1971) *The case of the Midwife Toad.* Hutchinson, London, 187 pp.

Körner, V. (1929) La herencia en la Biología y en la medicina actual. *Anales de la Universidad de Chile* año VII, 2ª. Ser:1200-1239.

Kowalski, K. (1981) *Mamíferos. Manual de Teriología.* H. Blume Ediciones, Madrid, 532 pp.

Kropotkine, P. A. (1915) *Mutual Aid: A factor of Evolution.* Heinemann, London, 240 pp. (Kropotkine, P. [19—?]. *El apoyo mutuo. Un factor de la Evolución.* Tomo I, Edit. B. Bauza, Barcelona, 162 pp.).

Kühn, T. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas.* Ed. Fondo de Cultura Económica. México D.F., 319 pp.

Labarca, A (1939) *Historia de la enseñanza en Chile.* Editorial Universitaria, Santiago, 399 pp.

Lacadena, J. R. (1986) *La genética: una narrativa histórico-conceptual.* Editorial Alhambra, Madrid, 171 pp.

Lagarrigue, J. E. (1878) *Bocetos filosóficos y literarios*. Imprenta Librería del Mercurio, de E. Undurraga y Cia., 223 pp.

Lahille, F. (1929) Las formas chileno-peruanas de pejerreyes y la evolución de la aleta caudal. *Revista Chilena de Historia Natural* 33:81-93.

Lamarck, J. B. (1866) *Filosofía zoológica*. Alta Fulla, Barcelona, 261 pp.

Lambrot, M. (2001) Polimorfismo cromosómico y evolución intra e inter poblacional de la raza cromosómica "Norte  $2n = 28-40$ " de *Liolaemus monticola* (Iguanidae) en Chile Central. *Revista Chilena de Historia Natural* 74(1):121-138.

Lambrot, M. y N. Díaz (1987) A new species of *Pristidactylus* (Sauria: Iguanidae) from central Chile and comments on the speciation in the Genus. *Journal of Herpetology* 21 (1): 29-37.

Lappé, M. (1994) *Evolutionary medicine: rethinking the origins of disease*. Sierra Club Books, San Francisco, 255 pp.

Larraín Gandarillas, J. (1884) *Edicto sobre la francmasonería en la Encíclica Humanum Genus y la instrucción relativa a ella*. Imp. El Correo, Santiago de Chile, 43 pp.

Larson, D. J. (1985) *Trial and error: The American controversy over creation and evolution*. Oxford University Press, New York, 222 pp.

Larson, E. J. (1997) *Summer for the Gods: the Scopes trial and America's continuing debate over science and religion*. Basic Books, New York, 318 pp.

Larson, E. J. y L. Witham (1997) Scientists are still keeping the faith. *Nature* 386:435-436.

Lastra, M. C., S. Fernández, R. Cisternas y E. Hess (1991) *Biología IV Medio*. Arrayán, Santiago de Chile, 176 pp.

Laszlo, E. (1988) *Evolución: la gran síntesis*. Espasa Calpe, Madrid, 217 pp.



Lauer, T. E. (2000) Jelly Belly, jelly beans & evolutionary principles in the classroom: Appealing to the students' stomachs. *The American Biology Teacher* 62:42-45.

Lawson, A. E. (1994) Research on the acquisition of science knowledge: Epistemological foundation of cognition. Pp. 131-176, En D. L. Gabel (Edit.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Macmillan Publishing Company, New York, 598 pp.

Lawson, A. E. (1999) A scientific approach to teaching about evolution & special creation. *The American Biology Teacher* 61:266-274.

Lawson, A. E., M. R. Abraham y J. W. Renner (1989) *A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills*. National Association for Research in Science Teaching, NARST Monograph Number One, 79 pp.

Lawson, A. E. y L. D. Thompson (1988) Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching* 25(9):733-746.

Lawson, A. E. y J. Weser (1990) The rejection of nonscientific beliefs about life: Effects of instruction and reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching* 27:589-606.

Lawson, A. E. y W. A. Worsnop (1992) Learning about Evolution and rejecting a belief in special creation: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of Research in Science Teaching* 29(2):143-166.

Lazcano-Araujo, A. (1983) *El origen de la vida. Evolución química y evolución biológica*. Editorial Trillas, México D. F., 107 pp.

Le Dantec, F. (1899) *Lamarckiens et Darwiniens*, Alcan, Paris, 191 pp.

Le Dantec, F. (1908) *La crisis del transformismo*. Librería Gutenberg de José Ruiz, Madrid, 311 pp.

Le Gros Clark, W. E. (1962) *Los fundamentos de la Evolución Humana*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 63 pp.

Le Gros Clark, W. E. (1965) *Historia de los Primates*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 78 pp.

Leakey, R. E. (1981) *La formación de la humanidad*. Ediciones del Serbal, Barcelona, 256 pp.

Leakey, R. E. y R. Lewin (1994) *Nuestros orígenes. En busca de lo que nos hace humanos*. Crítica, Barcelona, 300 pp.

Lecourt, D. (1978) *Lysenko. Historia real de una "ciencia proletaria"*. Editorial Laia, Barcelona, 207 pp.

Lehrman, R. (1982) Physics texts: An evaluative review. *The Physics Teacher* 20:508-515.

Leitch, A (1978) *A Princeton Companion*. Princeton University Press, New Jersey, 559 pp.

Lemus, D. (1983) ¿Podrían generarse dientes en las aves? *Creces* 4(1-2):8-11.

Lemus, D.; L. Coloma; M. Fuenzalida; J. Illanes; Y. Paz de la Vega; A. Ondarza y M. J. Blaquez (1986) Odontogenesis and amelogenesis in interacting lizard-quail tissue combinations. *J. Morphol.* 189:121-129.

Lemus, D.; M. Fuenzalida; J. Illanes e Y. Paz de la Vega (1983) Ultrastructural aspects of dental tissues and their behavior in xenoplastic association (Lizard quail). *J. Morphol.* 176:341-350.

Letelier, V. (1877) *El hombre antes de la Historia*. Imprenta El Atacama, Copiapó, 76 pp.

Léourier, C. (1970) *El origen de la Vida*. Ediciones Istmo, Madrid, 167 pp.

Levins, R. y R. C. Lewontin (1985) *The Dialectical Biologist*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 303 pp.

Lewin, R. (1982) Where is the Science in Creation Science? *Science* 215(8): 142-146.

Lewin, R. (1984) Antievolution rules are unconstitutional. *Science* 223(4643):1373-1374.

Lewin, R. (1986) *Evolución humana*. Salvat, Barcelona, 205 pp.

Lewis, J. (1968) *Hombre y evolución*. Grijalbo, México D. F., 156 pp.

Lewontin, R. C. (1968) The Concept of Evolution, Vol. V, Pp. 202-210, en D. L. Sills (Comp.), *International Encyclopaedia of the Social Sciences*, Macmillan Co. & Free Press.

Lewontin, R. C. (1984) *La diversidad humana*, Prensa Científica, Editorial Labor, Barcelona, 179 pp.

Lewontin, R. C. (1987) La adaptación, pp. 140-151, en *Evolución*, Prensa Científica, Barcelona, 173 pp.

Lewontin, R. C. (1988) La paradoja de la adaptación biológica, pp. 57-65, en A. Olea Franco (edit.), *Polémicas contemporáneas en evolución*, AGT Editor, México D. F., 179 pp.

Lewontin, R. C. (1992) *Biology as Ideology: The Doctrine of DNA*. Harper Perennial, New York, NY , 128 pp.

Li, W-H. (1997) *Molecular Evolution*. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, Massachusetts, 487 pp.

Liceo Alemán (2001) *Historia del Colegio*, sitio Web del Liceo Alemán de Santiago de Chile (<http://www.liceoaleman.cl/institucional/historia.html>).

Lietha, D. y S. Byers (2000) Respuestas para niños. *Creación ex Nihilo* 1:12.

Lincoln, R. J., G. A. Boxshall, y P. F. Clark (1995) *Diccionario de ecología, evolución y sistemática*. Fondo de Cultura Económica, 488 pp.

Linder, C. J. (1993) A challenge to conceptual change. *Science Education* 77(3):293-300.

Linhart, Y. B. (1997) The teaching of evolution – we need to do better. *BioScience* 47(6):385-391.

Linn, M. (1987) Establishing a research base for Science Education: Challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching* 24(3):191-216.

Lipps, J. H. (1999) Beyond Reason: Science in the Mass media. Pp. 71-90, En J. William Schopf (Edit.), *Evolution! Facts and Fallacies*. Academic Press, San Diego, California, 159 pp.

Lipschutz, A. (1959) De Malthus a Darwin. *Anales Fac. de Medicina* 44:342-350, Montevideo.

Lipschutz, A. (1960) El centenario de un libro de Charles Darwin. *Revista Chilena de Historia y Geografía* 127:246-271, Santiago de Chile.

Lipschutz, A. (1966) Biología darwiniana y sociología marxista. *Aurora* 2ª época, 3(8):6-41.

Liptay, A. (1888) *El darwinismo. ¿Cuál es la posición del hombre en el Universo?*. Imprenta de la Libr. Del Mercurio, Valparaíso, 362 pp.

Llop E, Harb Z, Acuña M, Moreno R, Barton S, Aspillaga E y Rothhammer F. (1993) Composición genética de la población chilena: Los Pehuenches de Trapa-Trapa. *Revista Médica de Chile*; 121:494-498.

Lloyd, C. V. (1990) The elaboration of concepts in three biology textbooks: Facilitating student learning. *Journal of Research in Science Teaching* 27:1019-1032.

Lobo, F. (1975) *La evolución de las especies*. Salvat, Barcelona, 143 pp.

Lois, A. y M. Vergara (1956) *Biografía del filósofo positivista, político, médico y profesor Don Serapio Lois Cañas*. Imprenta Wilson, Santiago de Chile, 304 pp.

Lois, J. S. (1887) *Elementos de filosofía positiva publicados por la Sociedad Escuela Augusto Comte y redactados por don Juan Serapio Lois, Presidente Honorario de dicha Sociedad*. Tomo I. Imprenta de El Atacameño, 136 pp.

Lois, J. S. (1889) *Elementos de filosofía positiva publicados por la Sociedad Escuela Augusto Comte y redactados por don Juan Serapio Lois, Presidente Honorario de dicha Sociedad*. Tomo II. Imprenta de El Atacameño. 142 pp.

Lolas, F. (1994) Darwin y el estudio científico del comportamiento. *Acta Psiquiátr. Psicol. Amer. Latina* 40(2):164-169.

Longden, B. (1982) Genetics – are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education* 14:135-140.

Looser, G. (1958) El centenario de la teoría de la Evolución de Darwin y Wallace. *Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural* 3(27):1-2, 8.

López, F. (2000) Los libros de texto y el problema de la actualización de los contenidos disciplinares: el concepto de electrización. Pp. 61-91, en Silvina Gvirtz (Dir.), *El color de lo incoloro. Miradas para pensar la enseñanza de las Ciencias*. Ediciones Novedades Educativas, Buenos Aires, 204 pp.

López, N. y J. Truyols (1994) *Paleontología. Conceptos y métodos*. Síntesis, Madrid, 334 pp.

López-Fanjul, C. y M. A. Toro (1987) *Polémicas del evolucionismo*. Eudema, Madrid, 151 pp.

Lortz, J. (1982) *Historia de la Iglesia en la perspectiva de la historia del pensamiento. II. Edad moderna y contemporánea*. Cristiandad, Madrid, 732 pp.

Lovejoy, A. O. (1936) *The Great Chain of Being; a study of the history of an idea*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 382 pp.

Lucas, A. M. (1971) The Teaching of "Adaptation". *Journal of Biological Education* 5(2):86-90.

Lucas, J. R. (1979) Wilberforce and Huxley: a legendary encounter. *The Historical Journal* 22 313-30.

Luria, S. E. (1979) *36 Lecciones de Biología*. Segunda edición. H. Blume Ediciones, Madrid, 427 pp.

Luria, S. E. y M. Delbrück (1943) Mutations of bacteria from virus sensitivity to virus resistance. *Genetics*, 28:491-511.

M.N.H.N. (1992) Directores del Museo Nacional de Historia Natural. *Noticiero Mensual MNHN* 323:7- 8.

Mahadeva, M. N. y Randerson, S. (1982) Mutation: Mumbo Jumbo. *Science Teacher* 49:34-38.

Mainx, F. (1957) *Fundamentos de la Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México, 108 pp.

Majovko, V. V. y P. V. Makarov (1964) *Biología General*. Grijalbo, México D. F., 586 pp.

Mann, G. (1951-1952) Filogenia y función del esqueleto de *Marmosa elegans* (Marsupialia; Didelphyidae). *Inv. Zool. Chilenas* 1(4):11-15, 1(6):6-16.

Mann, G. (1953-1956) Filogenia y función de la musculatura de *Marmosa elegans* (Marsupialia; Didelphyidae). *Investigaciones Zooogicas Chilenas* 1(9):3-15, 3(1-2):3-28.

Mann, G. (1963) Phylogeny and cortical evolution in Chiroptera. *Evolution* 17(4):589.

Manríquez, G. y F. Rothhammer (1997) *Teoría moderna de la Evolución con un análisis del determinismo estructural de H. Maturana*. Amphora Editores, Santiago de Chile, 64 pp.

Marelli, C. A. (1928) Las especies invasoras pueden dar origen a otras especies. *Revista Chilena de Historia Natural* 32:27-30.

Margulis, L. (1988) *El Origen de la célula*. Editorial Reverté, Barcelona, 140 pp.

Margulis, L. (1993) *Symbiosis in cell evolution*. 2a. Ed., Freeman, New York, 452 pp.

Margulis, L. (1996) Teoría de la simbiosis: las células como comunidades microbianas. Pp. 157-211, En L. Margulis y L. Olendzenski (Eds.), *Evolución ambiental*. Alianza Editorial, Madrid, 398 pp.

Margulis, L. y D. Sagan (1995) *Microcosmos. Cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos*. Tusquets, Barcelona, 317 pp.

Margulis, L. y D. Sagan (1996) *¿Qué es la Vida?*. Tusquets, Barcelona, 207 pp.

Marín, N (2003) Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, número extra: 43-55.

Mariner, J. L. (1977) The evolution-creation controversy in the United States. *Journal of Biological Education* 11(1):6-11.

Marks, R. L. (1997) *Tres hombres a bordo del Beagle*. Javier Vergara Ed., Buenos Aires, 282 pp.

Márquez, B. (1982) *Orígenes del darwinismo en Chile*. Ed. Andrés Bello, Santiago de Chile, 111 pp.

Martín Gordillo, M (2003) Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 2, Núm. 3

Martner, D. (1931) *El espíritu de la Ciencia*. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 354 pp.

Marton, F. (1981) Phenomenography-describing conceptions of the world around us. *Instructional Science* 10:177-200.

Mason, S. F. (1986) *Historia de las Ciencias. 4. La Ciencia del Siglo XIX*. Alianza, Madrid, 188 pp.

Matsumura, M. (1995) *Voices for evolution*. National Center for Science Education, Berkeley, CA, 176 pp.

Matthews, C. E. (1966) Fossil finds. *Science Scope* 19(7):13-16.

Matthews, D. (2001) Effect of a curriculum containing creation stories on attitudes about evolution. *The American Biology Teacher* 63:404-409.

Maturana, H. y J. Mpodozis (1992) Origen de las especies por medio de la deriva natural. *Publicación Ocasional* 46, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile, 48 pp.

Maturana, H. y J. Mpodozis (2000) The origin of species by means of natural drift. *Revista Chilena de Historia Natural* 73(2):261-310.

Maturana, H., J. Mpodozis y J. C. Letelier (1995) Brain, Language and the Origin of Human Mental Functions. *Biological Research* 28: 15-26.

Mayer, W. V. (1984) The arrogance of ignorance. Ignoring the ubiquitous. *Amer. Zool.* 24:423-431.

Maynard Smith, J. (1962) *La théorie de l'Évolution*. Payot, Paris, 310 pp.



Maynard Smith, J. (1979) *Acerca de la Evolución*. H.Blume, Madrid, 136 pp.

Maynard Smith, J. (1970) *Teoría de la evolución*. Ed. Istmo, Madrid, 396 pp.

Maynard Smith, J. (1987) *Los problemas de la biología*. Ediciones Cátedra, Madrid, 190 pp.

Maynard Smith, J. y Szathmáry, E. (2001) *Ocho hitos de la evolución*. Tusquets, Barcelona, 277 pp.

Mayr, E. (1968) *Especies animales y Evolución*. Ediciones de la Universidad de Chile – Ediciones Ariel, Barcelona, 808 pp.

Mayr, E. (1992) *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Crítica, Barcelona, 209 pp.

Mayr, E. (1998) *Así es la Biología*. Debate, Madrid, 326 pp.

Mayr, E. (2002) *What Evolution Is*. Basic Books, New York, 336 pp.

McCarty, R. V. y E. A. Marek (1997) Natural selection in a petri dish. *The Science Teacher* 64(8):36-39.

McCord, W. (2001) *Biología para principiantes*. Era Naciente SRL, Buenos Aires, 192 pp.

McDermott, L. C. (1984) Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, July:24-34.

McGrath, G. B. (1999) James Orr's Endorsement of Theistic Evolution, *Perspectives on Science and Christian Faith* 51(2 ): 114-121.

McKloskey, M. (1983) Intuitive physics. *Scientific American* 248:122-130.

McLean, G. S.; R. Oakland y L. McLean (1996) *Evidencias de la Evolución*. DIME, Distribuidora Internacional de Materiales Evangélicos, Cupertino, Ca, 210 pp.

McMahon, T. A. y J. T. Bonner (1986) *Tamaño y Vida*. Prensa Científica, Editorial Labor, Barcelona, 255 pp.

Medel, R. (2000) Assessment of parasite-mediated selection in a host-parasite system in plants. *Ecology* 81: 1554-1564.

Medel, R. (2001) Assessment of correlational selection in tolerance and resistance traits in a host plant-parasitic plant interaction. *Evolutionary Ecology* 15: 37-52.

Meehan, J. (1971) *Con Darwin en Chile*. Francisco de Aguirre, Buenos Aires - Santiago de Chile, 184 pp.

Mejía, W. y M. C. Venegas (s/a) *El texto Escolar. La mejor herramienta en el aula*. Grupo Editorial Norma, Cali, 32 pp.

Mendel, G. (1865) Experimentos en híbridos de plantas. Trabajo leído en las Reuniones del 8 de febrero y el 8 de marzo de 1865 de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn, reproducido en C. Stern y E. R. Sherwood (1973), *El Origen de la Genética*, pp. 3-49, Alhambra, Madrid, 187 pp.

Mendel, G. (1869) Sobre los híbridos de *Hieracium* obtenidos por fecundación artificial. Trabajo leído en la Reunión del 9 de junio de 1869 de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn, reproducido en C. Stern y E. R. Sherwood (1973) *El Origen de la Genética*, pp. 51-57, Alhambra, Madrid, 187 pp.

Messenger, E. C. (1931) *Evolution and Theology. The Problem of Man's Origin*. Burns, Oates and Washbourne, London, 313 pp.

Mettler, L. E. y T. G. Gregg (1972) *Genética de las poblaciones y evolución*. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México D.F., 245 pp.

Meyer, A. y R. Bonn (1921) *Testo para la enseñanza de la zoología I año*. 13 ed., Imprenta Chile, Santiago de Chile, 130 pp.

Meyer, L. A.; L. Crummey y E. A. Greer (1988) Elementary science textbooks: Their contents, text characteristics, and comprehensibility. *Journal of Research in Science Teaching* 25:435-463.

Millar, R. y R. Driver (1987) Beyond processes. *Studies in Science Education*. 14:32-62.

Miller, J. y B. Van Loon (1995) *Darwin para principiantes*. Era Naciente, Buenos Aires, 175 pp.

Mills, G. y cols. (1993) Origin of Life and Evolution in Biology textbooks. A critique. *American Biology Teacher* 55(2):78-83.

Milner, R. (1995) *Diccionario de la evolución*. Biblograf, Barcelona, 684 pp.

Ministerio de Educación, República de Chile (1998) *Curriculum de la Educación Media. Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Media*. Ministerior de Educación, República de Chile, Santiago de Chile, 394 pp.

Mir y Noguera, M. (1892) *Harmonía entre la ciencia y la fe*. 2ª ed., Saenz de Jubera Hnos., Madrid, 479 pp.

Mishler, B. D. y R. N. Brandon (1987) Individuality, pluralism, and the phylogenetic species concept, *Biol. Phil.* 2:397-414.

Mivart, St. G. (1871) *On the genesis of species*. Macmillan and co., London, 296 pp.

Mixter, R. L. (1959) *Evolution and Christian Thought Today*. William B. Eerdmans Publishing Co., Grand Rapids, Michigan, 224 pp.

Miyamoto, M. M.; B. F. Koop; J. L. Slightom, M. Goodman Y M. R. Tennant (1988) Molecular systematics of higher primates: Genealogical relations and classification, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85:7627-7631.

Molina, E. (1992) Evolución de los Homínidos e implicaciones pseudocientíficas. Pp. 135-151, En Molina, E. (edit.), *Origen y Evolución del Hombre*, Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 151 pp.

Molina, E. (2001) Estrategias recientes en la controversia creación *versus* evolución. En Molina, E., H. J. Birx y A. Carreras (edits.), *Avances en Evolución y Paleoantropología*, Pp. 155-174, Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza, Mira Editores, Zaragoza, 201 pp.

Molina, J. I. (1815) Analogías menos observadas de los tres reinos de la naturaleza. (traducción del trabajo original publicado en *Anales de la Universidad de Chile* 123(134):5-65, 1965).

Molina, M. y M. E. Zárate (1985) *Biología 4º Medio. De acuerdo al programa vigente*. Editorial Universitaria, 121 pp.

Monserrat, J.L., A. Contreras y E. Méndez (2003) *Estudio y comprensión de la Naturaleza*, Editorial Mare Nostrum, Santiago de Chile, 176 pp.

Montagu, M. F. A. (1930) The tarsian hypothesis and the descent of man. *Journal of Royal Anthropology Institute, London* 60:335-362.

Montagu, M. F. A. (1952) *Darwin: Competition and Cooperation*. Abelard-Schuman, New York, 148 pp.

Montagu, M. F. A. (1962) Time, morphology and neoteny in the evolution of man. Pp. 324-342, En M. F. A. Montagu (Edit.), *Culture and the Evolution of Man*, Oxford University Press, New York, 376 pp.

Montalenti, G. (1976) *El evolucionismo*. Ediciones Martínez Roca, Barcelona, 238 pp.

Montero, F., J. C. Sanz y M. Á. Andrade (1993) *Evolución prebiótica: el camino hacia la vida*. Eudema, Madrid, 96 pp.

Montero, J. M. y cols. (1978) *Caminos abiertos por Charles Darwin*. Edit. Hernando, Madrid, 173 pp.

Monypenny, W. F. y G. E. Bucke (1929) *The Life of Benjamín Disraeli*. Edición revisada. 2 vols., John Murray, London.

Moody, D. E. (1996) Evolution and the Textbook Structure of Biology. *Science Education* 80(4):395-418.

Moody, P. A. (1962) *Introduction to Evolution*. Second Edition. Harper & Row and John Weatherhill, Tokyo, 553 pp.

Moore, J. A. y cols. (1970) *Biología: Unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos*. Consejo Nacional Para la Enseñanza de la Biología, Compañía Editorial Continental S. A., México D. F., 942 pp.

Moore, J. A. (1984) Science as a way of knowing-evolutionary biology. *American Zoologist* 24(2):467-534.

Moore, J. A. (1993) *Science as a Way of knowing: the foundations of modern biology*. Harvard Harvard University Press, Cambridge, 530 pp.

Moore, J. N. y H. S. Slusher (Edits.) (1970) *Biology: A Search for Order in Complexity*. Zondervan Publishing House, Gran Rapids, Michigan, 548 pp.

Moore, R. (2000) The revival of creationism in the United States. *Journal of Biological Education* 35(1):17-21.

Moore, R. (2001) Educational malpractice: why do so many biology teachers endorse creationism?. *The Skeptical Inquirer* 25:38-43.

Moore, R. (2002) *Evolution in the courtroom: a reference guide*, ABC-CLIO, Santa Barbara, Calif., 381 pp.

Moore, R. (2002a) Do standard matter? How the quality of state standards relate to evolution instructions. *The Science Teacher* 69:49-51.

Moorehead, A. (1980) *Darwin. La Expedición en el Beagle (1831-1836)*. Ediciones del Serbal, Barcelona, 240 pp.

Moran, J. P. (2002) *The Scopes trial: a brief history with documents*, Palgrave, New York, 230 pp.

Moreno, R. (1984) *La polémica del darwinismo en México: siglo XIX*. Universidad Nacional Autónoma de México, 384 pp.

Morgan, T. H. (1949) *La base científica de la Evolución*. 2ª. Edición. Espasa Calpe Argentina, Buenos Aires, 279 pp.

Morin, R. (1998) Keeping the Faith: A survey show the United States has the most churchgoing people in the Development World. *The Washington Post National Weekly Edition* Jan 12:37.

Morishita, F. (1991) Teaching about controversial issues: Resolving conflict between creationism & evolution through law-related education. *The American Biology Teacher* 53:91-93.

Morris, H. M. (1963) *The Twilight of Evolution*. Baker, Grand Rapids, 103 pp.

Morris, H. M. (1977) *The religion of evolutionary humanism and the public schools*. Impact Series 51, Institute for Creation Research, San Diego, California. (<http://www.creationists.org/teachers.html>)

Morris, H M. y M. E. Clark (1987) *The Bible Has the Answer* 3a ed. Master Books, Green Forest, AR, 394 pp.

Moss, R. (1999) The Molecular evidence for Evolution. *Journal of College Science Teaching* 29: 111-113, 131.

Mostny, G. (1959) Charles Robert Darwin. *Noticiero Mensual Museo Nacional de Historia Natural* 36:1, 7.

Mostny, G. (Edit.) (1980) *Biobibliografía Museo Nacional de Historia Natural 1830-1980*, Ministerio de Educación Pública, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, 396 pp.

Moya, A. (1989) *Sobre la estructura de la Teoría de la Evolución* Anthropos, Barcelona, 174 pp.

Moya, A. (1996) La génesis de la complejidad biológica, pp. 111-122, en E. Molina (edit.), *Evolución: Aspectos Interdisciplinarios*. Cuadernos Interdisciplinarios N° 6, Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 262 pp.

Muller, J. (1965-1966) El origen de la vida. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*. 40:161-173.

Muncaster, R. O. (2000) *Creation vs. Evolution*. Harvest House Publishers, Eugene, Oregon, 48 pp.

Mundigo, I; C. Alarcón; D. Rougier y J. J. Candel (1997) *Biología. Prueba de Conocimientos Específicos*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 310 pp.

Nadal, J. (2001) *Vertebrados*. Edicions Universitat de Barcelona – Ediciones Omega, Barcelona, 858 pp.

National Academy of Sciences (1998) *Teaching about Evolution and the Nature of Science*. National Academy Press, Washington D. C., 140 pp.

National Academy of Sciences (1999) *Science and Creationism*. Second Edition, National Academy Press, Washington D. C., 35 pp.

National Research Council (1996) *National science education standards*. National Academy Press, Washington D. C., 262 pp.

Navarro J, M Sallaberry, A Veloso y J Valencia (1981) Diversidad cromosómica en lagartos (Squamata - Sauria). I: Avances citotaxonómicos. Perspectiva de estudios evolutivos en Iguanidae. *Medio Ambiente* 5: 28-38.

Nelkin, D. (1982) *The Creation Controversy: Science or Scripture in the Schools*, Beacon Press, Boston, 242 pp.

Nelson, C. E. (2000) Effective strategies for teaching Evolution and other controversial topics. Pp. 19-50, En National Science Teachers Association, *The Creation Controversy and the Science Classroom*, Arlington, Va., 56 pp.

Nelson, C. E. y M.K.Nickels (2001) Using humans as a central example in teaching undergraduate biology labs. *Tested Studies for Laboratory Teaching* 22:332-365.

Neret, L. (1958) Las investigaciones actuales sobre los orígenes de la vida. *Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural* 3 (27):4, 6, 8.

Nespolo, R. F. (2000) Desempeño fisiológico, estacionalidad y plasticidad fenotípica en pequeños mamíferos: microevolución de la capacidad de cambio en rasgos termorregulatorios *Revista Chilena de Historia Natural* 73(3):553-563.

Nespolo, R. F. (2003) Evolution by natural selection: more evidences than ever before. *Revista Chilena de Historia Natural* 76 (4): en prensa.

Nesse, R. M. y G. C. Williams (1994) *Why we get sick: The new Science of Darwinian Medicine*. Times Books, New York, 291 pp.

Newell, N. D. (1949) Phyletic size increase, an important trend illustrated by fossil invertebrates. *Evolution* 3:103-124.



Newell, N. D. (1985) *Creation and Evolution. Myth or Reality?*. Praeger, New York, 199 pp.

Nickels, M. K.; Nelson, C. E. y J. Beard (1996) Better Biology Teaching by Emphasizing Evolution & the Nature of Science. *The American Biology Teacher*, 59(6):332-336.

Nickels, M. K. y B. Drummond (1985) Creation/evolution: Results of a survey conducted at the 1983 ISTA convention. *ISTA Spectrum*, 11-15.

Nicolai, G. F. (1936) *Fundamentos reales de la Sociología*. Ed. Ercilla, Santiago de Chile, 202 pp.

Nieda, J. y B. Macedo (1997) *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. UNESCO, Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 197 pp.

Nogués, A. F. (1893) *Descendencia del hombre y darwinismo: ¿De dónde desciende el hombre?, ¿Cuáles son sus antepasados antropoides?* Imprenta Cervantes, 89 pp.

Norambuena, M. C. y M. Paredes (2003) Variabilidad y estructura genética en dos poblaciones de *Vicugna vicugna* (Camelidae) del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 99-104.

Norris, S. y L. Phillips (1994) Interpreting pragmatic meaning when reading popular reports of science. *Journal of Research in Science Teaching* 31:947-967.

Novak, J. (1979) The reception learning paradigm. *Journal of Research in Science Teaching* 16:481-488.

Novak, J. y J. H. Wandersee (1990) Perspectives on concept mapping. *Journal of Research in Science Teaching* 27(10), Special issue.

Numbers, R. L. (1999) *Darwinism comes to America*. Harvard University Press, 216 pp.

Núñez, D. (1977) *El darwinismo en España*. Castalia, Madrid, 464 pp.

Nussbaum, J. y S. Novick (1982) Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: Towards a Principled Teaching Strategy. *Instructional Science* 11:183-200.

O'Brien, T. (2000) A toilet paper timeline of evolution: 5 E cycle on the concept of scale. *The American Biology Teacher* 62:578-582.

Oden, D.(1998) Constructing a prehistoric adventure. *The Science Teacher* 65(4):38-41.

Offner, S. (1994a) Using chromosomes to teach evolution. I. Conserved genes & gene families. *The American Biology Teacher* 56(2):79-85.

Offner, S. (1994b) Using chromosomes to teach evolution. II. Chromosomal rearrangements in speciation events. *The American Biology Teacher* 56(2):86-93.

Ojeda, R. A. (1995) Educacion Argentina y Evolucion: ¿Una puerta abierta al Creacionismo? Diario *Los Andes* 20 agosto 1995.

Oliva, J. M. (1999) Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias* 17(1):93-107.

Oliva, J. M. (2003) Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 2 N° 1

Oliva, J. M.; M. M. Aragón, J.Mateo y M. Bonat (2001) Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 19(3):453-470.

Olivier, G. (1968) *El hombre y la evolución*. Editorial Labor, Barcelona, 142 pp.

Olson, E. C. (1966) *The Evolution of Life*. The New American Library, New York, 302 pp.

- Olson, S. P. (2004) *The trial of John T. Scopes: a primary source account*, Rosen Pub. Group, New York, 64 pp.
- Oparin, A. I. (1960) *El origen de la Vida*. 4ª. Edición, Editorial Losada, Buenos Aires, 247 pp.
- Orellana, M. (1996) *Historia de la Arqueología en Chile*. Bravo y Allende Editores, Santiago de Chile, 217 pp.
- Orrego Luco, A. (1953) *Recuerdos de la Escuela*. Ed. Del Pacífico, Santiago de Chile, 147 pp.
- Orrego Vicuña, F. (1998) El Mundo Personal de Charles Darwin *Humanitas* 10: 287 - 294
- Osborne R. J. y J. K. Gilbert (1980) A method for investigating concept understanding in science. *Eur. J. Sci. Education* 2(3):311-321.
- Osborne, R. J. y M. C. Wittrock (1983) Learning science: A generative process. *Science Education* 67:489-508.
- Osif, B. A. (1997) Evolution and religious beliefs: A survey of Pennsylvania high school teachers. *American Biology Teacher* 59:552-556.
- Ossa Borne, S. (1933-1935) Darwin en Chile. *Actes de la Societé Scientifique du Chili* 43-45:183-199.
- Osses, S. (1999) *Hacia un nuevo enfoque en la Enseñanza de las Ciencias*. Dolmen Ediciones, Santiago de Chile, 134 pp.
- Overton, W. R. (1982) Creationism in schools: the decision in McLean versus the Arkansas Board of Education. *Science* 215:934-943.
- P.U.C. (1959) *XIV Cursos de Verano*. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 64 pp.

P.U.C. (1960) *XV Cursos de Verano*. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 89 pp.

Padoa, E. (1963) *Historia de la Vida sobre la Tierra*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 302 pp.

Palevitz, B. A. (1999) Science and the versus of religion: a conversation with my students. *Skeptikal Inquirer* July-August 1999 (reproducido en Internet en [http://www.findarticles.com/cf\\_dls/m2843/4\\_23/55208048/p1/article.jhtml?term=](http://www.findarticles.com/cf_dls/m2843/4_23/55208048/p1/article.jhtml?term=))

Palma, R. E. y T. L. Yates (1998) Phylogeny of southern South American mouse opossums (Thylamys, Didelphidae) based on allozyme and chromosomal data. *Z. Säugetierkunde* 63:1-15.

Panzarasa, V. (1933) *La evolución orgánica: exposición y examen de las principales ideas evolucionistas*. Escuela Tipográfica La Gratitude Nacional, Santiago de Chile, 271 pp.

Papp, D. (1961) *La unidad de los seres vivos. Teorías y hechos*. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, 69 pp.

Papp, D. (1974) *Darwin y el argumento de Jenkin*. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 48:503-509.

Papp, D. (1977) *Ideas revolucionarias en la Ciencia*. Tomo II. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 321 pp.

Papp, D. (1983) *Darwin: la aventura de un espíritu*. Espasa Calpe, Madrid, 276 pp.

Papp, D. (1993) *Ideas revolucionarias en la Ciencia*. Tomo I. Segunda edición. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 354 pp.

Park, H. J. (2000) The politics of anti-creationism: the committees of correspondence. *Journal of the History of Biology* 33:349-370.

- Parker, G. A.; J. C. Chubb; M. A. Ball y G. N. Roberts (2003) Evolution of complex life cycles in helminth parasites. *Nature* 425, 480 – 484
- Passmore, C. y J. Stewart (2002) A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching* 39:185-204.
- Passmore, J. A. (1968) *Hundred years of Philosophy*. 2a. edic. Basic Books, New York, 574 pp.
- Paterson, H. E. H. (1985) The recognition concept of species. Pp. 21-29 en E. S. Vrba (edit.), *Species and speciation*, Transvaal Museum Monograph 4, Pretoria, 176 pp.
- Patterson, C. (1985) *Evolución. La teoría de Darwin hoy*. Fontalba, Barcelona, 195 pp.
- Peczki, J. (1993) Evolving student thought: Simulating evolution over many generations. *The Science Teacher* 60(1):42-45.
- Pedrinaci, E. (1994) La Historia de la Geología como herramienta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 2 (2-3):332-339.
- Pedrinaci, E. (1996) Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en geología. *Alambique* 7:27-36.
- Pelayo, F. (2001) *De la creación a la evolución. Darwin*. Nivola, Tres Cantos, 173 pp.
- Penick, J. y R. Yager (1986) Trends in Science Education: Some Observations of Exemplary Programs in the United States. *European Journal of Science Education* 8(1):1-9.
- Pennisi, E. (1997) Haeckel's embryos: Fraud Rediscovered. *Science* 277(5331):1435.
- Perales, F. J. (1994) Los trabajos prácticos y la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 12(1):122-125.

Peretó, J. G. (1994) *Orígenes de la evolución biológica*. Eudema, Madrid, 96 pp.

Pérez, R. (1989) *Cómo acercarse a la Ciencia*. Limusa, México, 150 pp.

Peters, R. H. (1976) Tautology in evolution and ecology. *American Naturalist* 110:1-12.

Petit, C. (1996) Americans flunk science basics. *San Francisco Chronicle*, 24 de mayo 1996, p. A1.

Philippi, R. A. (1877) *Elementos de Historia Natural*. 3ª. Ed., Librería de Salas y Pesse, Santiago de Chile, 398 pp.

Pierce, K. M. (1981) Putting Darwin back in the dock, *Time* 16 de marzo, p. 50.

Pigliucci, M. (1997) The new anti-evolution. *Trends in Ecology and Evolution*. 12:228.

Pigliucci, M. (2000) Design yes, Intelligent, No. (<http://www.infidels.org/library/modern/features/2000/pigliucci1.html>)

Pigliucci, M. (2002) Defending Evolution, as strange as it may seem. *Evolution* 56(1):206.

Pio XII (1950) *L'enciclica "Humani generis," testo latino-italiano*. Vita e pensiero, Milano, 90 pp.

Pittendrigh, C. S. (1958) Adaptation, natural selection and behavior. En A. Roe y G. G. Simpson (Edits.), *Behavior and evolution*. Yale University Press, New Haven, 557 pp.

Pizarro, B. (1901) Antecedentes relativos a la Gratificación del Primer tomo de La Evolución de la Historia por el Profesor D. Valentín Letelier. Imprenta Cervantes, Santiago de Chile, 91 pp.

Platonov, S. (1963) *Darwinismo y Filosofía*. Lautaro, Buenos Aires, 427 pp.

- Platt, J. E. (1999) Putting together fossil collections for “hands-on”. *The American Biology Teacher* 61:275-281.
- Pontes, A., 1999. Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias. *Alambique* 19:53-64.
- Popper, K. R. (1978) Nature selection and the emergence of mind. *Dialectica* 32:339-355.
- Popper, K. R. (1980) *Selección natural y la emergencia de la mente*, Teorema, 10
- Popper, K. R. (1982) *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista*, segunda edición, Tecnos, Madrid, 342 pp.
- Popper, K. R. (1985) *Búsqueda sin término. Una autobiografía intelectual*. Tecnos, Madrid, 287 pp.
- Popper, K. R. y Kreuzer (1984) *Sociedad abierta, universo abierto*. Tecnos, Madrid 158 pp..
- Porro, M. (2002) *Teorías de la Evolución. Cómo progresa la vida*. Longseller, Buenos Aires, 111 pp.
- Porter, C. E. (1904) Guía de Naturalistas de Chile. Charles Darwin (1809-1882). *Revista Chilena de Historia Natural* 8(1-2):9, Santiago de Chile.
- Porter, C. E. (1908) Lamarck. *Revista Chilena de Historia Natural* 12(1-2):11, Santiago de Chile.
- Porter, C. E. (1909) Darwin en Chile *Revista Chilena de Historia Natural* 13(1):17-20, Santiago de Chile.
- Porter, C. E. (1926) La Universidad de Concepción contrata a un profesor eminente: el profesor Dr. Med. Alexander Lipschutz. *Revista Chilena de Historia Natural* 30:417-419, Santiago de Chile.

Posner, G.J.; K. A. Strike; P. W. Hewson y W. A. Gertzog (1982) Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2):211-227.

Pott, D. (1983) Philip Henry Gosse (1810-1888) *Biblical Creation* 4(13):75-83.

Poulton, E. B. (1909) *Charles Darwin and the Origins of Species*. Longmans Green, London, 302 pp.

Pozo, J. I. (1987) *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Visor Libros, Madrid, 271 pp.

Pozo, J. I.; Y. Postigo y M. A. Gómez (1995) Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en Ciencias. *Alambique* 5:16-26.

Prado, J. L. (2000) Paleontología y Evolución, pp. 59-86, En V. Scheinsohn (Edit.), *La evolución y las Ciencias*, Emecé, Buenos Aires, 152 pp.

Prenafeta, S. (1982) Los libros. *Creces* 3(8):47, Santiago de Chile.

Prenafeta, S. (1985) Desiderio Papp: una siembra fecunda de 90 años. *Creces* 6(10):20-23, Santiago de Chile.

Prenant, M. (1940) *Darwin. Un hombre y una época*. Quetzal, Méxio D. F., 147 pp.

Pruna, P.M. y García G., A. (1989) *Darwinismo y sociedad en Cuba. Siglo XIX*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 204 pp.

Puentes, E. (1970) *Lysenko, el marxista de la Biología*. Sandino, Montevideo, 143 pp.

Puig-Samper, M. A. (1992) *Darwinismo y antropología en el siglo XIX*. Historia de la Ciencia y de la Técnica 49, Akal, Madrid, 54 pp.



Puig-Samper, M. A., A. Galera y R. Ruiz (1992) *Evolucionismo y cultura. Darwinismo en Europa e Iberoamérica*. Editora Regional de Extremadura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ediciones Doce Calles, Madrid, 407 pp.

Quammen, D. (1997) *The song of the Dodo*. Touchstone, Simon & Schuster, New York, 702 pp.

Quatrefagues, A. de (1894) *Les Émules de Darwin*. Tome Premier, Félix Alcan Éditeur, Paris, 154 pp.

Querol, M. A. (1993) *De los primeros seres humanos*. Síntesis, Madrid, 192 pp.

Querol, M. A. (2001) *Adán y Darwin*. Síntesis, Madrid, 366 pp.

Quezada, J. (1993) *Ignacio Domeyko: sabio y gran viajero*. Zig-Zag, Santiago de Chile, 93 pp.

Quijada, B. (1914) *La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades*. Tercera Edición. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 171 pp.

Quijada, B. (1917) *La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades*. Cuarta Edición. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 203 pp.

Quijada, B. (1923) *La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades*. Séptima Edición. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 173 pp.

Quijada, B. (1925) *La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades*. Octava Edición. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 173 pp.

Quijada, B. (1930) *La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades*. Décima Edición. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 173 pp.

Quijada, B. (1934) *La teoría de la Evolución. Texto para la enseñanza de la Biología en el sexto año de Humanidades*. Undécima Edición. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 173 pp.

Quijada, B. (1959) *Curso de Botánica arreglado conforme al programa oficial. Tomo tercero correspondiente al tercer año de Humanidades*. 17 ed. Nascimento, Santiago de Chile, 142 pp.

Radl, E. M. (1988) *Historia de las teorías biológicas. 1. Hasta el siglo XIX*. Alianza, Madrid, 334 pp.

Radl, E. M. (1988a) *Historia de las teorías biológicas. 2. Desde Lamarck y Cuvier*. Alianza, Madrid, 425 pp.

Raloff, J. (2001) Errant texts: Why some schools may not want to go by the book. *Science News* 159(11):168–170.

Ramírez, E., L. Cartier, C. Villota, J. Fernández (2002) Genetic characterization and phylogeny of human T-cell lymphotropic virus type I from Chile. *Virus Research* 84 (1-2): 135 – 149.

Ramorogo, G. y Wood-Robinson, C. 1995. Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education* 29 (1):60-70.

Randak, S. (2001) The Children's Crusade for Creationism. *The American Biology Teacher* April 2001:226-230. (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/ran.abt.html>)

Randak, S. (?) y M. Kimmel (?) (1999) *The Great fossil find*. (<http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/gr.fs.fd.html>)

Reed, E. C. (1892) *Compendio de Historia Natural de Chile*. Imprenta Gutenberg, Santiago de Chile, 117 pp.

Reig, O. A. (1967) Archosaurian reptiles: a new hypothesis on their origins. *Science* 157:565-568.

Reig, O. A. (1990) Los avatares de la anagénesis. Un ensayo en la evolución de un concepto evolutivo. Pp. 239-275, En Ruiz, A y M. Santos (Edits.) *Temas actuales en Biología evolutiva*, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 275 pp.

Rengifo, R. (1919) El primitivo Ecuador terrestre y el origen polar del hombre. *Actes Societé Scientifique du Chili* 27(1), II Ser.:8-13.

Renner, F. W.; M. Brumby y D. L. Shepherd (1981) Why are there no dinosaurs in Oklahoma? *The Science Teacher* December:22-24.

Resnick, L. (1983) Mathematics and Science Learning: a New Conception. *Science* 220:477-478.

Restat, J. (1924) *La existencia de Dios ante la filosofía y las Ciencias*. Imprenta Chile, Santiago de Chile, 552 pp.

Restat, J. (1925) *Bancarrotta del Evolucionismo*. Librería de la Federación de Obras Católicas, Santiago de Chile, 63 pp.

Rice, W. N. (1894) *Twenty-five years of scientific progress and other essays*. T. Y. Crowell & Company, New York, Boston, 174 pp.

Richards, R. J. (1998) *El significado de la evolución*. Alianza, Madrid, 230 pp.

Ridley, M. (1987) *La evolución y sus problemas*. Pirámide, Madrid, 191 pp.

Ridley, M. (1994) *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature* Macmillan Publishing Company, New York, 405 pp.

Ridley, M. (1996) *Evolution*, 2a. ed., Blackwell, Cambridge, Massachusetts, 719 pp.

Risopatrón, C. (1901) Observaciones sobre La Evolución de la Historia de Valentín Letelier. Págs. 1-25, En *Juicios sobre la Evolución de la Historia de D. Valentín Letelier*. Imprenta, Litografía y Encuadernación Barcelona, Santiago de Chile, 135 pp.

Riss, P. H. (1993) A ratio explanation for evolution. *Science Scope* 16(4):36-44.

Rivano, J. (1990) *Religión y Darwinismo: la bancarrota de la teología*. Bravo y Allende, Santiago de Chile, 136 pp.

Rodríguez R., S. B. (1901) *La carpopagia: estudios sobre la alimentación de frutos, natural del hombre*. El Globo, Quillota, 448 pp.

Roger, J. (1983) Buffon y el transformismo. *Mundo Científico* 3(21):4-13.

Rojas, R. (1979) *Prueba específica de Biología. Edición 1979*. Editorial Universitaria, 84 pp.

Rosa, D. (1918) *Ologenesi: nuova teoria dell'evoluzione e della distribuzione geografica dei viventi* R. Bemporad, Firenze, 305 pp.

Roseman, J.E., G. Kulm y S. Shuttleworth (2001) Putting Textbooks to the Test. *ENC Focus* 8(3):56-59.

Rosen, D. (1979) Fishes from the upland intermountain basin of Guatemala, *Bulletin American Museum Natural History* 162:269-375.

Rosenthal, D. B. (1985) Evolution in High School Biology Textbooks: 1963-1983. *Science Education* 69(5):637-648.

Rosenthal, D. B. (1989) Two approaches to Science-Technology-Society (S-T-S) Education. *Science Education* 73(5):581-589.

Ross, H. H. (1966) *Understanding Evolution*. Prentice Hall, Englewood Cliifs, New Jersey, 175 pp.

Rostand, J. (1964) *El hombre y la vida. Pensamientos de un biólogo*. Fondo de Cultura Económica, México D. F., 124 pp.

Rostand, J. (1966) *Introducción a la historia de la Biología*. Península, Madrid, 211 pp.

Roth, A. A. (1977) Does evolution qualify as a scientific principle? *Origins* 4(1):4-10.

Roth, K. J; C. W. Anderson y E. L. Smith (1987) Curriculum materials, teacher talk and student learning: Case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies* 19:527-548.

Roth, W. M. (1998) Learning process studies: examples from Physics. *International Journal of Science Education*, 1019-1024.

Rothhammer, F. (1977) *Genética de poblaciones humanas*. Monografía 15, Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington D. C., 73 pp.

Rothhammer, F. (1981) *El desarrollo de las teorías evolutivas después de Darwin* Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 55 pp.

Rothhammer, F. (1984) ¿Evolución gradual o revolución genética?. *Revista Chilena de Historia Natural* 57:5-7.

Rothhammer, F. y G. Manríquez (2001) Danko Brncic y la coadaptación. *Revista Chilena de Historia Natural* 74 (1):177-181.

Rouster, L. (1980) Father and Son: The Tragedy of Edmund Gosse. *Creation, Social Science and Humanities Quarterly* 2(3):10-12.

Rozzi, R. y F. Massardo (1999) La Teoría Darwiniana de la Evolución: un caso paradigmático para las interrelaciones entre ética y Ciencia. *Ciencia al día Internacional*. (<http://www.Ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero4/articulos/articulo5.html>)

Rudolph, J. L. y J. Stewart (1998) Evolution and the Nature of Science: On the Historical Discord and its Implications for Education. *Journal of Research in Science Teaching* 35(10):1069-1089.

Ruiz, R. (1991) *Positivismo y evolución: Introducción del darwinismo en México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Limusa, México D.F., 263 pp.

Ruiz, R. y A. Argueta (2000) Vuelve Darwin al sistema educativo de Kansas. *Lunes en la Ciencia*, 25 de septiembre del 2000 (<http://www.jornada.unam.mx/2000/sep00/000925/cien-vuelve.html>)

Ruppert, E. E. y R. D. Barnes (1996) *Zoología de los Invertebrados*. Sexta Edición. McGraw-Hill Interamericana, México. D. F. , 1.114 pp.

Ruse, M. (1976) Karl Popper's philosophy of biology. *Philosophy of Science* 44:638-661.

Ruse, M. (1979) *La filosofía de la Biología*. Alianza, Madrid, 270 pp.

Ruse, M. (1983) *La revolución darwinista*. Alianza, Madrid, 355 pp.

Ruse, M. (2001) *El misterio de los misterios*. Tusquets, Barcelona, 320 pp.

Ruse, M. (2004) Darwinismo y Cristianismo. *El Mercurio*, Santiago de Chile, 11 de Enero de 2004, Artes y Letras, pág. E 11.

Russell, R. J.; W. R. Stoeger y F. J. Ayala (Edits.) (1998) *Evolutionary and molecular biology: scientific perspectives on divine action* Vatican Observatory Vatican City State, 551 pp.

Rutledge, M. L. y W. A. Warden (2000) Evolutionary theory, the nature of science and high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher* 62(1):23-31.

Ruz, L. (1988) Análisis de caracteres en sistemática filogenética. *Medio Ambiente* 9(2):84-91.

Sacks, P. (1996) *Generation X Goes to College: An eye-opening account of teaching in Postmodern America*. Open Court, Chicago, 208 pp.

Sacristán, G. y A. Pérez Gómez (1992) *Comprender y transformar la enseñanza*. Morata, Madrid, 441 pp.

Saltiel, E. y L. Viennot (1985) ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. *Enseñanza de las Ciencias* 3(3):137-144.

Samarapungavan, A. y R. W. Wiers (1997) Children`s thoughts on the Origin of Species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science* 21(2):147-177.

Sánchez, M. (s/a) *La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*. Tesis para optar al Grado de Dr. En Ciencias (Biología), UNAM. (Resumen en [http://www.amc.unam.mx/laciencia/pcie1-1.htm#\\_ftn1](http://www.amc.unam.mx/laciencia/pcie1-1.htm#_ftn1))

Sandín, M. (1995) *Lamarck y los mensajeros. La función de los virus en la evolución*. Ediciones Istmo, Madrid, 165 pp.

Sandoval, H. (1997) El abate Molina (1740-1829) un precursor de Darwin. *Mensaje* 456:33, Santiago de Chile.

Santier Saint Gabriel, E. S. (1923) *La evolución orgánica*. Edición privada, Escuela Tipográfica La Gratitude Nacional, Santiago de Chile, 317 pp.

Santos, M. A. (1990) Estructuras de aprendizaje y métodos cooperativos en educación. *Revista Española de Pedagogía*, 185: 53-77.

Sapag-Hagar, M. (1991) Ciencia, Evolución y Ética: de la Herencia Biológica a la Herencia Cultural. *Anales Academia Alfonso Leng* 9, 37-41.

Sapag-Hagar, M. (2003) *La unidad bioquímica del hombre*. Universitaria, Santiago de Chile, 104 pp.

Sarukhán, J. (1988) *Las musas de Darwin*. Fondo de Cultura Económica, México D. F., 315 pp.

Saura, O. (1999) Diseño de las propuestas de enseñanza y aprendizaje: fundamentos y modelos de planificación. Pp. 25-44, En De Pro Bueno, A., E. Banet Hernandez, O. Saura Llamas, F. Nuñez Soler y M. J. Martínez Segura, *Constructivismo y enseñanza de las ciencias: Planificación, desarrollo y evaluación de propuestas para la educación secundaria* Diego Marín Librero Editor, Murcia, 349 pp.

Savage, J. M. (1964) *Evolución*. Cia Editora Continental, México D. F. , 171 pp.

Scharmann, L. C. (1993) Teaching evolution: Designing successful instruction. *The American Biology Teacher* 55(8):481-486.

Schenk, G. (1963) *El hombre. Su pasado, su presente, su futuro*. Ediciones Daimon, Barcelona, 256 pp.

Schwoerbel, W. (1988) *Evolución*. Salvat, Barcelona, 276 pp.

Scopes, J. y J. Presley (1967) *Center of the Storm*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 277 pp.

Scotchmoor, J. (1995) The virtual museum of paleontology. *Science Scope* 18(6):50-54.

Scott, E. C. (1987) Antievolutionism, scientific creationism, and physical anthropology. *Yearbook of Physical Anthropology* 30:21-39.

Scott, E. C. (1996) Monkey Business. Creationism regroups to expel evolution from the classroom. *The Sciences* 36(1):20-25.

Scott, E. C. (1996a) Creationism, Ideology, and Science, en *The Flight from Science and Reason*. *The Annals of the New York Academy of Science* 775:502-522.

Scott, E. C. (1999) Problems Concepts in Evolution: Cause, Purpose, and Chance. En P. H. Kelley, J. R. Bryan y T. A. Hansen (Edits.), *The Evolution-Creation Controversy II: Perspectives on Science, Religion, and Geological Education*, Paleontological Society Papers, Vol. 5, Oct. (también en [http://www.ncseweb.org/resources/articles/695\\_problem\\_concepts\\_in\\_evolution\\_10\\_1\\_1...](http://www.ncseweb.org/resources/articles/695_problem_concepts_in_evolution_10_1_1...))



Scruggs, M.M. (1988) What research says ... about textbooks. *Science and Children* 25:24-25.

Seaford, H. W. (1990) Addressing the creationist challenge. *Anthropology & Education Quarterly* 21:160-166.

Sequeiros, L. (1992) *Raíces de la Humanidad ¿Evolución o Creación?*. Editorial Sal Terrae, Santander, 48 pp.

Sequeiros, L. (2002) *La extinción de las especies biológicas. Construcción de un paradigma científico*. Monografías de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, 21, 85 pp.

Sequeiros, L. y M. Martínez Urbano (1990) Representaciones mentales de los alumnos de Primaria y Secundaria sobre la vida en el pasado. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 3:43-53.

Sermonti, G. y R. Fondi (1984) *Más allá de Darwin. Crítica al evolucionismo*. Ediciones UNSTA, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Tucumán, Argentina, 290 pp.

Serrano, T. (1987) Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias* 5(3):181-188.

Serre, J.L. (1984) La génesis de la obra de Mendel. *Mundo Científico* 4(41):1084-1092.

Settlage, J. (1994) Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):449-457.

Settlage, J. y L. H. Barrow (1992) Recent professional productivity of the authors of elementary science textbooks series. *School Science and Mathematics* 92:446-449.

Seward, A. C. (1909) Darwin and modern science; essays in commemoration of the centenary of the birth of Charles Darwin and of the fiftieth anniversary of the publication of the Origin of species. University Press, Cambridge, 595 pp

Shankar, G. y G. D. Skoog (1993) Emphasis given evolution and creationism by Texas high school biology teachers. *Science Education* 77:221-233.

Shapiro, R. (1989) *Orígenes*. Salvat Editores, Barcelona, 305 pp.

Shaw, E. L., B. Crocker y B. Reed (1990) Chipping away at fossils. *Science Scope* 14(2):30-31.

Shayer, M. (1974) Conceptual demands in the O-level Nuffield biology course. *School Science Review* 56 (195):381-388.

Sheler, J. L. y J. M. Schroff (1991) The creation: Religion's search for a common ground with science. *U. S. News & World Report*, Dec. 23, pp. 56-64.

Shermer, M. (1997) *Why People believe weird things: Pseudoscience, Superstition and other Confusions*. W. H. Freeman, New York, 306 pp.

Shotwell, T. K. (1965) The problem of evolution. *The American Biology Teacher* 27:766-767.

Siegel, H. (1981) Creationism, evolution, and education: The California fiasco. *Phi Delta Kappan* 63:95-101.

Siegel, H. (1984) The response to Creationism. *Educational Studies* 15(4):349-364.

Silva, O. y J. L. Schroeder (1998) *Historia de Chile Ilustrada*. Copesa-La Tercera, Santiago de Chile, 332 pp.

Silva Cotapos, C. (1901) *Algunas erratas de la "Evolución de la Historia" de D. Valentín Letelier*. Imprenta, Litografía y Encuadernación Barcelona, 93 pp.

Silva Figueroa, C. (1936) *Biología e higiene. 6º año*. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 303 pp.

Silva Figueroa, C. (1940) *Biología e higiene. 6° año*. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 319 pp.

Silva Figueroa, C. (1957) *Biología e higiene. 6° año*. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 319 pp.

Simpson, G. G. (1961) *El sentido de la evolución*. Eudeba, Bs. Aires, 319 pp.

Simpson, G. G. (1961a) *Principles of Animal Taxonomy*, Columbia University Press, New York, 247 pp.

Simpson, G. G. (1961b) One hundred years without Darwin are enough, *Teachers College Record* 60: 617-626.

Simpson, G. G. (1967) *La vida en el pasado*. Alianza, Madrid, 239 pp.

Simpson, G. G. (1974) *La biología y el hombre*. Pleamar, Buenos Aires, 199 pp.

Simpson, G. G. (1985) *Fósiles e historia de la Vida*. Prensa Científica, Editorial Labor, Barcelona, 240 pp.

Sinclair, A. y M. P. Pendarvis (1998) Evolution vs. conservative religious beliefs: can biology instructors assist students with their dilemma? *Journal of College Science Teaching*. Dec 1997/Jan 1998:167-170.

Sinnott, E. W. (1950) *The Biology of the Spirit*. Viking Press, New York, 180 pp.

Skoog, G. (1979) Topic of evolution in secondary school textbooks: 1900-1977. *Science Education* 63(5):621-640.

Skoog, G. (1984) The coverage of evolution in high school biology textbooks published in the 1980s. *Science Education* 68(2):117-128.

Skybreak, A. (2003) Charlatanes y embaucadores. *Obrero Revolucionario* 1216, 19 Oct. 2003 ([http://rwor.org/a/1216/evolution7b\\_s.htm](http://rwor.org/a/1216/evolution7b_s.htm)).

Smith, C. U. M. (1977) *El problema de la vida*. Alianza, Madrid, 448 pp.

Smith, E. y C. Anderson (1984) Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Eur. J. Sci. Education* 21(7):685-698.

Smith, M. U.; H. Siegel y J. D. McInerney (1995) Foundational issues in evolution education. *Science and Education* 4:23-46.

Sober, E. (1996) *Filosofía de la Biología*. Alianza, Madrid, 362 pp.

Solbes, J. y A. Vilches (1989) Interacciones C/T/S: Un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias* 7(1):14-20.

Solomon, J. (1987) Social Influences on the Construction of Pupils' Understanding of Science. *Studies in Science Education* 14:63-82.

Solomon, J. (1993) *Teaching Science Technology and Society*. Open University Press, Buckingham, England, 80 pp.

Spetner, L. M. (1998) *Not by Chance: Shattering the Modern Theory of Evolution* Judaica Press, Brooklyn, New York, 272 pp.

Spoerer, G. (1954) Los orígenes de la vida. *Boletín de la Sociedad Científica de Chile*. Segunda Época 3:20-31.

Spotorno A. E., C. A. Zuleta y A. Cortés (1990) Evolutionary systematics and heterochrony in *Abrothrix* species (Rodentia, Cricetidae). *Evolución Biológica* 4:37-62.

Spotorno, A. E. 1991 (1991) *Origen y evolución de la especie humana*. Centro de Extensión Biomédica, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 47 pp.

Spotorno, A. E. y G. Hoecker (Edits.) (1993) *Elementos de Biología celular y Genética*. Departamento de Biología Celular y Genética, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 366 pp.

Spotorno, A. E. y L. Walker (2000) Origen y evolución de los mamíferos chilenos. Pp. 217-227, En Muñoz Pedreros, A. y J. Yañez (edits.), *Mamíferos de Chile*, Ediciones Cea, Valdivia, 462 pp.

Stake, R. E. y J. A. Easley (1978) *Case studies in Science Education*. Center for Instructional Research and Curriculum Evaluation. University of Illinois, 2 vols.

Stanley, S. M. (1986) *El nuevo cómputo de la evolución*. Siglo XXI Editores, Madrid, 273 pp.

Staub, N. L. (2002) Teaching evolutionary mechanisms: Genetic drift and M&M. *Bioscience* 52(4):373-377.

Stearns, S. (1999) *Evolution in Health and Disease*. Oxford University Press, Cambridge, 328 pp.

Stebbins, G. L. (1978) *Procesos de la Evolución Orgánica*. Prentice/Hall Internacional, Madrid, 199 pp.

Stebbins, G. L. (1989) *Evolución: hacia una nueva síntesis. Contribuciones desde el Reino Vegetal*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de León, León, 221 pp.

Stern, C. Y E. R. Sherwood (1973) *El Origen de la genética*. Alhambra, Madrid, 187 pp.

Steele, E. J. (1979) *Somatic selection and Adaptive evolution: On the Inheritance of the Acquired Characters*. Williams and Wallace International, Toronto, 90 pp.

Stewart, J. H. (1982) Difficulties experienced by high school students when learning basic Mendelian genetics. *The American Biology Teacher* 44:80-89.

Stoletov, V. (1951) *¿Mendel o Lysenko? Doxs caminos en biología*. Editorial Lautaro, Buenos Aires, 109 pp.

Strathern, P. (1999) *Darwin y la evolución*. Siglo XXI de España, Madrid, 95 pp.

Strickberger, M. W. (1978) *Genética*. Omega, 2a. edición, Barcelona, 937 pp.

Strickberger, M. W. (1993) *Evolución*. Omega, Barcelona, 573 pp.

Strube, P. (1989) The notion of style in physics textbooks. *Journal of Research in Science Teaching* 26:777-779.

Subercaseaux, B. (1962) *El hombre inconcluso: ensayo psico-antropológico sobre la heterogeneidad psíquica de la especie humana*. Andrés Bello, Santiago de Chile, 251 pp.

Subercaseaux, B. (1964a) *Historia inhumana del hombre*. Ercilla, Santiago de Chile, 207 pp.

Subercaseaux, B. (1964b) El grito del hombre como especie animal. *Anales de la Academia Chilena de Ciencias Naturales* 49(27):131-137.

Sully, J. (1878) Evolution in Philosophy, vol. 8, pp. 751-772, En *The Encyclopaedia Britannica, a dictionary of arts, sciences, and general literature*. 9 ed., Black, Edinburgh.

Swarts, F. A., O. R. Anderson y F. J. Swetz (1994) Evolution in Secondary School Biology Textbooks of the PRC, the USA, and the Latter Stages of the USSR. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):475-505.

Swetz, F. J. (1986) Peking Man to Socialist Man: The teaching of Human evolution in China. *Science Education* 70(4):401-411.

Szasz, F. M. (1971) The Scopes trial in perspective. *Tennessee Historical Quarterly* 30:288-298.

Tabak, I. y B. J. Reiser (1997) Domain-Specific inquiry support: Permeating discussions with scientific conceptions. *Fourth International Misconceptions Seminar – From Misconceptions to Constructed Understanding*. June 13-15 1997, Ithaca, N. Y. (<http://www.1s.sesp.nwu.edu/bguile/>)

Tamayo, M. (1998) Las “profecías” de Charles Darwin. Pp. 177-194, En Troncoso, A. y M. Tamayo, *¡Viva la Ciencia!*, Editorial Universidad de Talca, 227 pp.

Tamayo, M. y A. Troncoso (1998) Partidarios de Darwin... pensando como Lamarck., pp. 165-176 en En Troncoso, A. y M. Tamayo, *¡Viva la Ciencia!*, Editorial Universidad de Talca, 227 pp.

Tamir, P. (1971) An alternative approach to the construction of multiple choice items. *Journal of Biological Education* 5:305-307.

Tamir, P. y A. Zohar (1991) Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Journal of Biological Education* 25:57-67.

Tatina, R. (1989) South Dakota Hight School biology teachers and the teaching of evolution and Creationism. *American Biology Teacher* 51:275-279.

Tattersall, I. (1998) *Hacia el ser humano. La singularidad del hombre y la evolución*. Península, Barcelona, 285 pp.

Taylor, G. R. (1983) *El Gran misterio de la Evolución*. Planeta, Barcelona, 255 pp.

Tello M., A. (1994) *Dios y nuestro origen*. Paralelo 30°, Chile, 47 pp.

Templado, J. (1974) *Historia de las teorías evolucionistas*. Alhambra, Madrid, 170 pp.

Templeton, A. R. (1982) Adaptation and the integration of evolutionary forces. En R. Milkman (Edit.), *Perspectives on Evolution*, Sinauer, Sunderland, Mass, 241 pp.

Templeton, A. R. (1989) The meaning of species and speciation: a genetic perspective. En D. Otte y J. Endler (eds.), *Speciation and its Consequences*. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, Massachusetts, 679 pp.

Thomas, H. (1997) *Nuestros orígenes. El hombre antes del hombre*, Ediciones Grupo Zeta, Barcelona, 160 pp.

Thuillier, P. (1981) Biblia y Ciencia: proceso a Darwin. *Mundo Científico* 1(6):624-634.

Thuillier, P. (1985) El Catolicismo y la Ciencia. Entrevista con Paul Valadier. *Mundo Científico* 5(52):1098-1105.

Thuillier, P. (1986) Darwin entre los samurais. *Mundo Científico* 6(64):1272-1276.

Tobin, K. y D. J. Tippins (1993) Constructivism as a referent for teaching and learning, Pp. 3-21, En K. Tobin (Edit.), *The practice of constructivism in science education*, AAAS Press, Washington, D.C., 344 pp.

Tobin, K.; D. J. Tippins y A. J. Gallard (1993) Research on instructional strategies for teaching science. Pp. 45-93, En D. L. Gabel (Edit.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Macmillan Publishing Company, New York, 598 pp.

Toro, G. C. (2001) Evolucion de las histonas: Juego libre con reordenamiento de exones al azar. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74(1):167-175.

Toro, H. (1988) Problemas de la sistemática clásica desde un punto de vista filogenético. *Medio Ambiente* 9(2):80-83.

Torres, J. L. (1995) *En el nombre de Darwin*. Fondo de Cultura Económica, México D. F., 133 pp.

Torretti, R. (1957) Causalidad y evolución: consideraciones sobre el presunto dilema que estas ideas plantearían a la ciencia *Revista de filosofía* 4( 2-3):38-51.

Toulmin (1977) *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Ed. Alianza. Madrid, 523 pp.



Trevathan, W. R.; E. O. Smith y J. J. McKenna (1999) *Evolutionary Medicine* Oxford University Press, New York, 480 pp.

Trowbridge, J. E. y J. H. Wandersee (1994) Identifying critical junctures in learning in a College course on Evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):459-473.

Trowbridge, L. W., R. W. Bybee y J. Carlson Powell (2000) *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*, Merrill, Upper Saddle River, New Jersey, 514 pp.

UPI (1967) Cable de noticias fechado el 15 de abril de 1967, Nashville, Tennessee (reproducido en periódicos del día siguiente en todo el mundo).

Urrestarazu, S. (1954) *El origen del hombre*. Universitaria, Santiago de Chile, 32 pp.

Vachon, M., G. Rousseau e Y. Laissus (1972) *Inédits de Lamarck*. Masson & Cie., París, 311 pp.

Valderrama, A. (1872) Crónica. *Rev. Médica Chile* 1:149-153.

Valdés, P., R. Valdés, J. Guisasola y T. Santos, (2002) Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación* 28 (<http://www.campus-oei.org/revista/rie28a04.htm>)

Valdivieso, R. V. (1874) Intenciones del Apostolado de la Oración en Chile. *La Revista Católica* 1291:534, Santiago de Chile.

Valdivieso, R. V. (1875) Edicto del Arzobispo de Santiago, don Rafael Valentín Valdivieso, 5 de enero de 1869. *Boletín Eclesiástico* Tomo 5, pág. 16.

Valerani, A. (2000) La ideología y la Ciencia: el caso de la enseñanza de la evolución en la escuela argentina; Pp. 95-118, en Silvina Gvirtz (Dir.), *El color de lo incoloro. Miradas para pensar la enseñanza de las Ciencias*. Ediciones Novedades Educativas, Buenos Aires, 204 pp.

Vallejo, F. (2002) *La tautología darwinista y otros ensayos de biología*. Taurus, Madrid, 357 pp.

Van Till, H. J. (1986) *The Fourth Day: What the Bible and the Heavens are telling Us about the Creation*. Wm. B. Eerdmans Pub. Co., Grand Rapids, 286 pp.

Van Valen, L. (1974) A New evolutionary Law. *Evolutionary Theory* 1:1-30.

Van Valen, L. (1976) Ecological species, multispecies and oaks. *Taxon* 25:233-239.

Velikovsky, I. (1955) *Earth in upheaval*. Doubleday, Garden City, New York, 301 pp.

Vergara, L. (1874) La Biblia y la Arqueología. *La Revista Católica* 1295:565-573; 1297:581-587; 1298:590-596; 1299:597-600; 1300:605-614.

Victoriano, P., Ortiz, J.C., Troncoso, L. & Galleguillos, R. (1995) Allozyme variation in populations of *Pleurodema thaul* (Lesson, 1826) (Anura; Leptodactylidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 112 B (3): 487-492.

Victoriano, P.; F. Torres-Pérez; J. C. Ortiz; L. E. Parra, I. Northland y J. Capetillo (2003) Variación aloenzimática y parentesco evolutivo en especies de *Microlophus* del grupo "*peruvianus*" (Squamata: Tropiduridae). *Revista Chilena de Historia Natural* 76(1):65-78.

Vicuña, A. (1918) *La teoría de la Evolución*. Imprenta Chile, Santiago de Chile, 70 pp.

Vicuña, A (1919) Conferencias religioso-científicas. Dictadas en el Liceo de Aplicación del Instituto Pedagógico durante los años 1916, 1917, 1918 y 1919. Segunda Edición., Imprenta Chile, 415 pp.

Vicuña, M. (1997) *La Emergencia del Positivismo en Chile*. Arcis Universidad. Centro de Investigaciones Sociales, 26 pp.

Vicuña, R. (2002) Las Ciencias Naturales colaboran con la teología. *Teología y Vida*, 43 (1):53-73, Santiago de Chile.

Vidal, G. (1997) *Conflicto entre Ciencia y Fe. En torno al caso Galileo*. Instituto de Humanidades. Universidad Adolfo Ibáñez. Santiago de Chile, 45 pp.

Viejo, E. (1969) Perfil de un científico: Alejandro Lipschutz. *Órbita* 2(3):85-90, Santiago de Chile.

Vilanova, E. (1992) *Historia de la teología cristiana. Tomo III*. Herder, Barcelona, 1059 pp.

Villalobos, S. (1960) Darwin y Chile. *Atenea, Separata* 385, Universitaria, Santiago de Chile, 43 pp.

Villalobos, S. (1974) *La aventura chilena de Darwin*. Ed. Andrés Bello, Santiago de Chile, 103 pp.

Vivanco Mora, H. (1933) *La teoría de la evolución*. Universitaria, Santiago de Chile, 156 pp.

Vivanco Mora, H. (1936) *Elementos de Biología para el 6° año de Humanidades y la Teoría de la Evolución con la aprobación ministerial*. 2ª. Ed. , Editorial Barros Borgoño, Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 221 pp.

Vogel, G. y H. Angermann (1985) *Atlas de Biología*. Omega, Barcelona, 564 pp.

Waddington, C. H. (1960) Evolutionary adaptation. En Vol. 1, pp. 381-402, de Sol Tax, (Edit.), *Evolution after Darwin*, University of Chicago Press, Chicago.

Wagensberg, J.; J. Agustí; P. Alberch; B. Goodwin; D. Hull; R. Margalef; M. McKinney y M. Ruse (1998) *El progreso. ¿Un Concepto acabado o emergente?*. Tusquets, Barcelona, 339 pp.

Waggoner, P. M. (1984) The historiography of the Scopes Trial: A critical Re-evaluation. *Trinity Journal n.s.* 5:155-174.

Wakeford, T. (2001) *Liaisons of life: from hornworts to hippos, how the unassuming microbe has driven evolution*. J. Wiley, New York, 212 pp.

Waks, L.J. (1992) The responsibility spiral: a curriculum framework for STS Education. *Theory into Practice*, 31(1):13-19.

Walford, G. (1981) Tracking down sexism in physics textbooks. *Physics Education* 16:261-265.

Walker, K. (1944) *Meaning and Purpose*. Jonathan Cape, London, 170 pp.

Wallace, B. y A. M. Srb (1967) *Adaptación*. Uteha, México D. F., 151 pp.

Wallace, R. A. (1995) *Biología. El mundo de la vida*. Harla, México D. F., 932 pp.

Wallace, R. A. ; J. L King y G. P. Sanders (1990) *Evolución y microorganismos*. Editorial Trillas, México D. F., 180 pp.

Wallin, A., M. Hagman y C. Olander (2000) Teaching and learning about the biological evolution: conceptual understanding before, during and after teaching. Pp. 127-139, En *Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)*, Universidad de Santiago de Compostela, España, 403 pp.

Wandersee, J. H. (1985) Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions?. *Journal of Research in Science Teaching* 23(7):581-597.

Wandersee, J. H. (1990) Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching* 27:923-936.

Wandersee, J. H., J. J. Mintzes y J. D. Novak (1994) Research on alternative conceptions in science, pp. 177-210, en D. L. Gabel (edit), *Handbook on Research in Science Teaching and Learning*, Macmillan, New York, 598 pp.

Waters, C. K. (1986) Natural selection without survival of the fittest. *Biology and Philosophy* 1:207-225.

Weiner, J. (2002) *El pico del pinzón. Una historia de la evolución en nuestros días*. Galaxia Gutenberg, Círculo de Lectores, Barcelona, 529 pp.

Weiss, C. y A. Horvat (1960) *Nociones de Biología. 6° año de Humanidades*. La Gratitude Nacional, Santiago de Chile, 350 pp.

Weiss, P. (1947) The place of physiology in the biological sciences. *Federation Proceedings* 6:523-525.

Welch, L. A. (1993) A model of microevolution in action. *The American Biology Teacher* 55:362-365.

Weld, J. y J. C. McNew (1999) Attitudes toward evolution. *The Science Teacher* 66:27-31.

Wendt, H. (1958) *Tras las huellas de Adán*. Ed. Noguer, Madrid, 572 pp.

Wendt, H. (1968) *Antes del Diluvio. La novela del mundo de los fósiles*. Ed. Noguer, Madrid, 459 pp.

Wendt, H. (1982) *El descubrimiento de los animales*. Planeta, Barcelona, 323 pp.

Westenhöfer, M. (1939) El problema del origen del hombre. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 13(1):33-40.

Westenhöfer, M. (1951) *El Camino propio evolutivo y el origen del hombre*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 497 pp.

Weston, P. y C. Wieland (2001) Osos a través del mundo. *Creación ex Nihilo* 2(1):16-19.

Whitaker, R. J. (1983) Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion. *American Journal of Physics* 51:352-357.

Whitcomb, J. C. (1991) *El Mundo que pereció*. Editorial Portavoz, Grand Rapids, Michigan, 176 pp.

Whitcomb, J. C. (1994) *La Tierra primitiva*. Editorial Portavoz, Grand Rapids, Michigan, 176 pp.

Whitcomb, J. C. y H. M. Morris (1982) *El Diluvio del Génesis*. Clie, Terrassa, 797 pp.

Witham, L. (1997) Evolving debate on evolution redraws Scopes battle lines: No longer “Bible-trumpers” vs. “Ivory-towert scientists”. *The Washington Times* 31 Dec. 1997.

Wieland, C. (1994) *Piedras y Huesos. Una poderosa evidencia contra la Evolución*. Master Books, A Division of New Leaf Press, 41 pp.

Wieland, C. (2001) El verdadero mensaje de Darwin: ¿Te lo perdiste?. *Creación Ex Nihilo* 2(1):22-25.

Wiley, E. O. (1978) The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Zoology* 27:17-26.

Winther, R. G. (2000) Darwin on Variation and Heredity. *Journal of the History of Biology* 33:425-455.

Wintrebert, P. (1962) *Le Vivant, créateur de son évolution*. Masson, Paris, 416 pp.

Woods, C. S. y L. C. Scharmann (2001) High school students' perceptions of Evolutionary theory. *Electronic Journal of Science Education* 6(2):1-21 (<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/woodsetal.html>).

Working Group on Teaching Evolution (1998) *Teaching about evolution and the nature of science*. National Academy Press, Washington D.C., 140 pp.

Wright, J. D. (1982) The effect of reduced readability text materials on comprehension and biology achievement. *Science Education* 66:3-13.

Yager, R. (1983) The importance of terminology in teaching K – 12 science. *Journal of Research in Science Teaching* 20:577-588.

Yager, R. y J. Penick (1983) Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education* 5:463-459

Yahya, H. (2001) El engaño del evolucionismo. El colapso científico del darwinismo y su fundamento ideológico. Al-Attique Publishers Inc., Canadá, 222 pp.

Yaksic, F. M. e I. Lazo (1994) La contribución de Darwin al conocimiento de los vertebrados terrestres de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 67:9-26.

Yankovic, B. (1985) *La evolución biológica*. Lo Castillo, Colección Apuntes, Biblioteca Fundamental de Educación Media, 24, Santiago de Chile, 96 pp.

Yañez Bravo, C. (1939) *Lecciones de Biología*. Imprenta Victoria, Valparaíso, 208 pp.

Yañez Bravo, C. (1941) Las bellezas de Chile y Carlos Darwin. *En Viaje*, Santiago de Chile, 88:2-6.

Yañez Bravo, C. (1960) Carlos Darwin en Chile. *En Viaje*, Santiago de Chile, 323:73-76.

Yelincic, J. L. (1998) La ideología del humanismo secular. *Capítulo 30, el periódico cristiano de Chile* 5(47):20-21, Valparaíso, Chile.

Young, D. (1998) *El descubrimiento de la evolución*. Ediciones del Serbal, Barcelona, 294 pp.

Yudilevich, D. y E. Castro, (1995) *Prólogo a esta edición*. Pp. 21-38, En C. Darwin, 1996 Darwin en Chile (1932-1935). Viaje de un naturalista alrededor del mundo, Ed. Universitaria, Santiago de Chile.

Zahm, J. A. (1896) *Evolution and Dogma*. D. H. McBride, Chicago, 461 pp.

Zahm, J. A. (1905) *La Evolución y el Dogma*. Sociedad Editorial Española, Madrid, 444 pp.

Zillmer, H-J. (2000) Darwin se Equivocó. ¿Existió realmente la Evolución?. Timun Más, Barcelona, 230 pp.

Zimbalist, A. (1998) *Is Evolution just Monkey Business?*. Assessing the Debate surrounding the teaching of Evolution in Science classrooms. (<http://www.nytimes.com/learning/teachers/lessons/19981124tuesday.html>).

Zimbalist, A. (1999) *Whose "Truth" is Out there?*. Examining the historical significance of the "Evolution versus Creationism Debate. (<http://www.nytimes.com/learning/teachers/lessons/19990816monday.html>).

Zimmerman, M. (1987) The evolution-creation controversy: Opinions of Ohio high school biology teachers. *Ohio Journal of Science* 87(4):115-125.

Zimmerman, M. (1990) Newspaper editors and the creation-evolution controversy. *The Skeptical Inquirer* 14:182-195.

Zimmerman, M. (1991) The evolution-creation controversy: Opinions of Ohio school board presidents. *Science Education* 75:201-214.

Zircle, C. (1946) The early history of the idea of the inheritance of acquired characters and of pangenesis. *Transactions of the American Philosophical Society*, NS 35: 91-151.

Zohar, A. y S. Ginossar (1998) Lifting the Taboo regarding Teleology and Anthropomorphism in Biology Education – Heretical Suggestions. *Science Education* 82:675-697.



Zook, D. (1995) Confronting the Evolution Education Abyss. *Journal of Research in Science Teaching* 32(10):1111-1120.

Zubiri, X. (1964) El origen del hombre. *Revista de Occidente* II, 2ª ep. 17:146-173.

Zuckerkandl, E. (1976) Programs of gene action and progressive evolution. Pp. 387-443, En M. Goodman y R. F. Tashian (Compil.), *Molecular anthropology*, Plenum Press, New York-London, 466 pp.

Zuleta, P. (1960) Darwin, la filosofía y la Ciencia. *Atenea* 388:59-82.

Zuzovsky, R. (1994) Conceptualizing a teaching experience on the development of the idea of Evolution: An epistemological approach to the education of science teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5):557-574.



## 9. ANEXOS

---

**Cuadro 8. Cronología 1: Hitos del evolucionismo en Europa, EE.UU y Chile desde la publicación de “El Origen de las Especies hasta nuestros días.**

	<b>HITOS DEL EVOLUCIONISMO EN EUROPA Y EEUU</b>	<b>CHILE: EVOLUCIONISMO Y TEXTOS DE ESTUDIO MENCIONADOS</b>	<b>EDUCACIÓN Y SOCIEDAD EN CHILE</b>
1859	“ <i>On the Origin of Species...</i> ”, Charles Darwin).		Destierro de B. Vicuña Mackenna, A. C. Gallo, M. Matta y G. Matta por proclama que pide derogación de la Constitución. Fundación del Banco de Chile
1860	Polémica de T. H. Huxley con el obispo S. Wilberforce en la <i>British Association for the Advancement of Science</i> , Oxford. “ <i>Life on Earth: Its Origin and Succession</i> ” (J. Phillips) critica cálculos de Charles Darwin. Charles Darwin nombrado miembro de la Academia de Ciencias de Filadelfia.		Primera Ley Orgánica de Enseñanza Primaria (“ <i>Ley de Instrucción Primaria</i> ”, 24 nov.).
1861	T. H. Huxley da una conferencia en Edimburgo, Escocia acerca de la evolución de la humanidad desde una especie de mono ancestral. La conferencia se recibió con entusiasmo.		José J. Pérez electo Presidente de la República por unanimidad. Orelie Antoine se proclama “Rey de la Araucanía”
1862	Henry Bates aplica la selección natural al mimetismo ( <i>Trans. Linn. Soc. London</i> 23:495-566)		Fermín Vivaceta funda la Unión de Artesanos. Se funda el Liceo N° 1 de Hombres de Valparaíso.  División del Partido Nacional.
1863	Defensa del origen humano por evolución (“ <i>Evidence as to Man’s place in Nature</i> ”, T. H. Huxley). E. Haeckel expone la teoría darvinista en un Congreso Científico en Alemania y publica su primera defensa del darwinismo, “ <i>Ueber die Entwicklungstheorie Darwins</i> ”. Se establece la gran antigüedad del ser humano (“ <i>Geological Evidences of the Antiquity of Man</i> ”, Sir Ch. Lyell)		Inicio de la colonización de la Araucanía. Inauguración del ferrocarril Santiago a Valparaíso. Incendio de la Iglesia de la Compañía produce la muerte de 2.000 personas en Santiago. Asume la Rectoría del Instituto Nacional el historiador Don Diego Barros Arana.
1864	Formulación de la “ley biogenética fundamental” (“ <i>Für Darwin</i> ”, Fritz Müller). Charles Darwin recibe la Medalla Copley de la Royal Society A. R. Wallace escribe sobre evolución humana, distanciándose de Darwin.		La Escuadra Española ocupa las islas Chincha para pedir indemnizaciones a Perú. En Lima se realiza un Congreso Americano presidido por Montt.

	<p>“<i>Principles of Biology</i>” (H. Spencer)</p> <p>K. A. Timiriazev introduce las ideas darvinistas en Rusia</p>		
1865	Exposición de las ideas sobre genética de Gregor Mendel en la Sociedad de Naturalistas de Brunn.		Ultimátum del almirante Pareja al Gobierno de Chile. Bloqueo de puertos por la Escuadra Española.
1866	Principal exposición de la teoría “monista” y primeros dibujos de árboles genealógicos (“ <i>Generelle Morphologie der Organismen</i> ”, E. Haeckel). Mendel publica sus resultados de Hibridación.	“ <i>Elementos de Historia Natural</i> ” (R. A. Philippi)	Barros Arana, Rector del Instituto Nacional, inicia la modernización de la enseñanza científica en el nivel medio. Bombardeo de Valparaíso por la Escuadra Española. Firma del tratado de límites entre Chile y Bolivia.
1867	El ingeniero Fleeming Jenkin objeta la selección natural partiendo de una idea errónea acerca de la herencia		Ignacio Domeyko asume la rectoría de la Universidad de Chile. Chile participa en la exposición universal de los productos de la agricultura, industria y bellas artes en París.
1868	<p>“<i>The Variation of Animals and Plants under Domestication</i>” (Charles Darwin).</p> <p>“<i>Natürliche Schöpfungsgeschichte</i>” (E. Haeckel).</p> <p>Estudio acerca del aislamiento como causa de la evolución (M. Wagner).</p> <p>Fósiles de Cromagnón en Les Eyzies</p>		Se restaura el antiguo Club de la Reforma, activo centro de las aspiraciones liberales. Argentina desahucia el pacto de amistad y comercio de 1856 con Chile por reivindicaciones sobre la Patagonia.
1869	<p>“<i>Hereditary Genius</i>” (F. Galton).</p> <p>Lord Kelvin combate al evolucionismo calculando que la Tierra tiene pocos millones de años (<i>Popular Lectures</i> 2:73).</p> <p>“<i>Facts and Arguments for Darwin</i>” (Fritz Müller).</p>	“ <i>Elementos de Historia Natural</i> ” (R. A. Philippi), segunda edición. En su última página aparentemente aparece la primera mención pública en Chile de las ideas darvinistas sobre la evolución biológica.	En su Memoria Anual al Congreso, el Ministro de Instrucción Pública señala la conveniencia de suprimir la enseñanza del Latín. Fundación de la Sociedad Médica de Santiago. Nueva Ley de Elecciones. Primera Exposición Nacional de Agricultura.
1870	Wallace abandona la selección natural para explicar la evolución humana (“ <i>Limits of Natural Selection in man</i> ”, Alfred R. Wallace). “ <i>Remarques sur le Transformisme</i> ” ( <i>Bull. Soc. d’Anthrop. Paris</i> , 2e ser, 5 pág. 315, A. de Quatrefages), se opone al evolucionismo.		José R. Méndez descubre grandes yacimientos de plata en la Sierra de Caracoles.
1871	<p>“<i>The Descent of Man and Selection in Relation to Sex</i>” (Charles Darwin). Intento de refutar la selección natural (“<i>On the Genesis of Species</i>”, Saint George J. Mivart).</p> <p>“<i>Anatomía de los vertebrados</i>” (Thomas H. Huxley)</p>	“ <i>Elementos de Geografía Física</i> ” (D. Barros Arana)	Primera Reforma a la Constitución de 1833 prohíbe la reelección inmediata del Presidente de la República. Presidencia de Federico Errázuriz Zañartu, de la fusión liberal-conservadora
1872	“ <i>The expression of the emotions in man and animals</i> ”	Artículo de A. Valderrama sobre evolución ( <i>Crónica. Rev. Médica</i>	Comienza a publicarse la Revista Médica de Chile.

	(Charles Darwin). Carl Gegenbaur defiende el cráneo de selacio como “cráneo primordial” (“ <i>Das Kopfskelett der Selachier</i> ”)	Chile)	Se dicta un decreto que autoriza la libertad de exámenes (15 enero). Máximo R. Lira lucha por la educación superior para las mujeres. Una logia masónica funda la Escuela Primaria “ <i>Blas Cuevas</i> ” en Valparaíso, a partir de lo cual se vinculó la discusión de la enseñanza religiosa con la condenación de la masonería. El coronel Saavedra concierta la paz con los mapuches.
1873	Proposición de la hipótesis del aislamiento geográfico en la especiación (“ <i>The Darwinian Theory and the Law of the Migration of Organisms</i> ”, M. Wagner). El zoólogo Edward Sylvester Morse, del Museo de Zoología Comparada de Harvard, discípulo del antievolucionista Jean Louis Agassiz, anuncia su adhesión al evolucionismo ante el Instituto Essex.	Revista Católica 1258:227, del 9 agosto, critica a Rodulfo A. Philippi.  Un grupo de intelectuales encabezados por José Victorino Lastarria crea la Academia de Bellas Letras, centro de conversaciones sobre el positivismo.	Abdón Cifuentes destituye a Barros Arana y renuncia como Ministro de Justicia, Culto e Instrucción Pública. José M. Barceló dispone la enseñanza de la religión optativa. Importantes reformas a la Constitución.
1874	“ <i>The descent of Man</i> ” (Ch. Darwin) “ <i>Historia de la Creación</i> ” (E. Haeckel) E. Haeckel explica el origen del hombre a partir de la ley biogenética fundamental en “ <i>Antropogenie</i> ”. Tyndall reconoce el éxito de las ideas de Darwin en la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia.	Pedro Candia Salgado escribe un artículo sobre origen de la vida (Generación espontánea. Rev. <i>Médica Chile</i> ). El presbítero Luis Vergara Donoso dicta una conferencia antievolucionista en la Iglesia Metropolitana de Santiago sobre “ <i>La Biblia y la Arqueología</i> ”	Se acuerda mantener con Bolivia la línea fronteriza fijada en 1866. Federico W. Schwager inicia la explotación de minas de carbón en Lota.
1875	“ <i>A Theory of Heredity</i> ” (F. Galton). C. Gegenbaur funda la revista “ <i>Morphologisches Jahrbuch</i> ”, dedicada a la anatomía comparada evolutiva.		Se inaugura el edificio del Congreso Nacional. En la Quinta Normal de Santiago se celebra una gran Exposición Industrial internacional.
1876	“ <i>The Geographical distribution of Animals</i> ” (A. R. Wallace), aporta pruebas biogeográficas a la evolución. “ <i>Darwiniana</i> ” (A. Gray)		Anibal Pinto asume la Presidencia de la República. Isabel Le Brun solicita que el Consejo Universitario validara los exámenes de su establecimiento, previa presentación de sus alumnas ante comisiones de la Universidad de Chile. 1876 el gobierno decretó que el estudio del latín pasaba a ser optativo. Amadeo Pissis asume la dirección de la Oficina de Estadística, encargada de levantar la carta general del país.
1877	Estudio sobre la evolución de los vertebrados en América ( <i>Nature</i> 16, O. C. Marsh) Darwin es nombrado <i>Doctor honoris causa</i> de la Universidad de Cambridge. “ <i>The Fixation of Belief</i> ” (C. S. Peirce).	“ <i>El hombre antes de la historia</i> ” (V. Letelier) “ <i>La Personalité</i> ” (J. Abásolo)	Anibal Pinto Garmendia y Miguel Luis Amunátegui Aldunate firman un decreto en el que se declara que “ <i>las mujeres deben ser admitidas a rendir exámenes válidos para obtener títulos profesionales</i> ”. El Gobierno sustituye a “ <i>El Araucano</i> ” por el “ <i>Diario Oficial de Chile</i> ”.

1878	Darwin es elegido miembro de la Academia de Ciencias de París	“ <i>Bocetos filosóficos y literarios</i> ” (J. E. Lagarrigue). Juan Serapio Lois Cañas dicta conferencias “ <i>Fases históricas de la noción de la vida</i> ” e “ <i>Historia de las teorías biológicas</i> ”, publicadas por el periódico “ <i>El Atacama</i> ”.	Viaje de José Abelardo Núñez a EE.UU. y Europa, comisionado por el gobierno para estudiar los sistemas educacionales. En el Liceo de Valparaíso, regido por Don Eduardo de la Barra, se crea el Curso de Derecho.
1879	Descubrimiento de las pinturas de Altamira por Marcelino Sanz de Sautuola	“ <i>La substancia inmortal del organismo humano</i> ” (J. J. Bruner). El ingeniero y escritor chileno Daniel Barros Grez publica un opúsculo antievolucionista, “ <i>Excepciones de la Naturaleza</i> ”.	Estalla la Guerra del Pacífico con Perú y Bolivia. Ley sobre instrucción secundaria y superior.
1880	Teoría de la degeneración evolutiva (“ <i>Degeneration: A Chapter in Darwinism</i> ”, E. R. Lankaster). Descubrimiento de restos neandertalenses en Spika.		Toma del Morro de Arica. El ejército chileno, bajo el mando del general Baquedano, inicia la ofensiva contra Lima.
1881	“ <i>Animal Intelligence</i> ” (G. J. Romanes)		Ocupación por el ejército chileno de Lima y El Callao. Domingo Santa María elegido Presidente de la República.
1882	Muere Charles Darwin  “ <i>Transformisme et socialisme</i> ” (L. Dramard).		Combate de La Concepción. Nueva campaña militar contra los mapuches. Inicio del desarrollo agrícola e industrial de la Araucanía, por parte del colonizador José Bunster.
1883	“ <i>Mental Evolution in Animals</i> ” (G. J. Romanes). Introducción de esquemas de morfología comparada evolutiva en anatomía humana (“ <i>Lehrbuch der Anatomie des Menschen</i> ”, C. Gegenbaur)		Se firma en Lima la paz definitiva con España. Ley de Reforma Pedagógica, produce un vuelco en los procedimientos educacionales, con cambios en planes, programas y métodos. Se aprueba la ley de cementerios laicos. Tratado de Ancón para la paz entre Chile y Perú. Se constituye la Sociedad de Fomento fabril.
1884	“ <i>Teoría mecánico-fisiológica de la evolución</i> ” (C. von Nägeli)	Abdón Cifuentes se refiere al liberalismo secularizador, transformado en el paganismo moderno.	Nuevo viaje de José Abelardo Núñez a Europa para contratar profesores y comprar materiales de enseñanza. Se promulga la ley de matrimonio civil. Bolivia firma el pacto de tregua con Chile.
1885	Weismann publica sus ideas sobre el germinoplasma en “ <i>Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung</i> ”. “ <i>L'évolution restreinte aux espèces organiques</i> ” (M. D. Leroy). “ <i>Evolution and Religion</i> ” (H. W. Beecher)		Comienzan a llegar los profesores alemanes contratados por José Abelardo Núñez. Fundación de la Sociedad Científica Alemana de Chile. Construcción de nuevas cárceles y reparación de la mayoría de los establecimientos penitenciarios. Inauguración de los Hospitales de San Vicente y del Salvador, de Santiago.
1886	Hallazgo de restos del hombre de Neanderthal en Spy, Bélgica, asociado a grandes mamíferos fósiles		Fundación de la Academia Militar. José Manuel Balmaceda elegido Presidente de la República. Epidemia de cólera procedente de

			Argentina.
1887	<p>“<i>The Origin of the Fittest. Essays on Evolution</i>” (E. D. Cope)</p> <p>Descubrimiento de la “mandíbula de Bañolas”, junto a Gerona.</p>	<p>“<i>Los fósiles terciarios y cuaternarios de Chile</i>” (Rodulfo A. Philippi).</p> <p>Primer volumen de “<i>Elementos de Filosofía Positiva</i>” (Juan Serapio Lois).</p>	Nueva ley de Municipalidades. Ley que reorganiza los ministerios. Reforma constitucional.
1888	<p>“<i>Les Ancêtres de nos Animaux dans les Temps Géologiques</i>” (A. Gaudry).</p> <p>“<i>Mental Evolution in Man</i>” (G. J. Romanes)</p> <p>Alfred Giard desarrolla el primer curso sobre evolucionismo en la Sorbona. Descubrimiento del hombre de Chancelade</p>	<p>“<i>Algo sobre el hombre</i>” (L. Arrieta Cañas).</p> <p>“<i>El darwinismo. ¿Cuál es la posición del hombre en el Universo?</i>”, del lingüista Alberto Liptay, a favor del evolucionismo.</p>	Se constituye el Partido Radical como organización autónoma. Fundación de la Universidad Católica de Santiago (21 de junio).
1889	<p>“<i>Darwinism</i>” (Alfred R. Wallace)</p> <p>Hugo De Vries formula la hipótesis de la pangénesis intracelular (“<i>Intracelluläre Pangenesis</i>”, Jena).</p>	<p>Conferencias sobre evolucionismo en el Club del Progreso.</p> <p>Segundo volumen de “<i>Elementos de Filosofía Positiva</i>” (Juan Serapio Lois).</p>	Congreso Pedagógico. Fundación del Instituto Pedagógico. Termina en la Bolsa de Londres la “fiebre del salitre”.
1890	<p>“<i>The Colours of Animals, their Meaning and use considered especially in the case of Insects</i>” (E. B. Poulton)</p> <p>“<i>Darwinisme et socialisme</i>” (A. Boucher).</p> <p>“<i>The Philosophical Basis of the Evolution</i>” (James Croll).</p>		Fundación del diario “ <i>La Nación</i> ” para defender al Gobierno. Primera gran huelga general en Latinoamérica. Se crea un consulado chileno en Yokohama de existencia efímera, porque los conflictos internos de Chile limitan la posibilidad de su existencia.
1891	<p>W. Bateson asume una posición antidarwinista (“<i>On the Variation in Floral Symmetry of Certain Plants having Irregular Corollas</i>”, <i>Linnean Soc.</i>)</p> <p>Hallazgo de molar y calota craneana de <i>Homo erectus</i> (“pitecántropo de Java”) por E. Dubois</p>		Revolución del 1891. Culminación de los conflictos políticos que caracterizaron al gobierno del Presidente Manuel Balmaceda. Ante su derrota optó por el suicidio. La caída del gobierno de J. M. Balmaceda pone fin a la República Liberal. La Junta de Gobierno exonera a los profesores balmacedistas. Fundación de la Société Scientifique du Chili. Comienzan a publicarse los Anales del Museo Nacional de Historia Natural. Asume la presidencia Jorge Montt, iniciando la República Parlamentarista
1892	<p>“<i>Darwin and after Darwin. An exposition of the Darwinian Theory and a Discussion of post-Darwinian questions</i>” (G. J. Romanes).</p> <p>“<i>Ältere und neuere Entwicklungstheorien</i>” (O. Hertwig).</p>	<p>Alusiones a Lyell y Darwin por el historiador Luis Barros Borgoño en “<i>La Enseñanza de la Historia</i>”.</p>	Crisis en las relaciones con Estados Unidos por el caso “Baltimore” (el año anterior marinos norteamericanos del “Baltimore” murieron en una riña de borrachos en Valparaíso).
1893	<p>August Weismann publica su teoría del <i>plasma germinal</i> y del <i>plasma somático</i> para explicar la herencia. El primero, inmutable, inmortal y continuo de generación en generación; el segundo, caduco.</p>	<p>“<i>Descendencia del hombre y darwinismo</i>” (A. F. Nogués).</p> <p>Diego Barros Arana plantea la gran antigüedad de la Tierra en “<i>Historia General de Chile</i>”, por lo cual recibe fuertes ataques por parte del literato Pedro N. Cruz.</p>	Fundación del partido Liberal Democrático o Balmacedista.



	<i>"Evolutionary Love" The Monist 3</i> , pp. 176-200 (C. S. Peirce).		
1894	<i>"Materials for the Study of Variation treated with Especial Reference to Discontinuity in the Origin of Species"</i> (W. Bateson), reúne pruebas de variación discontinua. <i>"Socialismo y ciencia positiva"</i> (E. Ferri, asocia a Darwin con Spencer y Marx). W. Garstang propone una hipótesis embriológica para el origen de los cordados. <i>Les Émules de Darwin</i> " (A. de Quatrefages).		Convenio entre el gobierno de Chile y el de Argentina en que se comprometen a construir y conservar un camino carretero que llegue a unir ambos países por el paso de Uspallata..
1896	<i>"Los factores primarios de la evolución orgánica"</i> (E. Cope)		Inicio de la Presidencia de la República de Federico Errázuriz Echaurren.
1897	Ley de la "herencia ancestral" (F. Galton). <i>"Charles Darwin and Carl Marx"</i> (E. Eveling, <i>New Century Review</i> , I:321)	Juan Serapio Lois publica su libro <i>"El cristianismo considerado científica, moral y políticamente"</i> , en el que hace fuertes críticas a las religiones cristianas.	Carlos Porter funda la Revista Chilena de Historia Natural. Se establecen relaciones diplomáticas entre Japón y Chile con la firma del Tratado de Amistad, Comercio y Navegación.
1898	<i>"La dissolution opposée à l'évolution dans les sciences physiques et morales"</i> (André Lalande).		Encuentro con el Presidente Roca de Argentina. Abrazo del Estrecho. Ampliación de la educación secundaria femenina. Construcción del alcantarillado de Santiago.
1899	Lord Kelvin objeta al darwinismo sobre la base de cálculos de la edad de la Tierra ( <i>Science</i> n.s. 9: 665). H. C. Bumpus estudia la selección natural en aves silvestres ( <i>Biol. Lect. Woods Hole</i> , pp.209-226)	<i>"Programa de Botánica, Zoología, Biología e Higiene"</i> (F. Johow).	Construcción del Embalse de Peñuelas, que abastece de agua a Valparaíso y Viña del Mar. Los presidentes de Chile y Argentina sellan la paz en el "Abrazo del Estrecho".
1900	Redescubrimiento y confirmación de las leyes de Mendel en vegetales (Correns, von Tschermak y De Vries)	Rafael Fernández Concha plantea la compatibilidad entre el darwinismo y la Biblia en su libro <i>"Del hombre en el orden sicológico, en el religioso y en el social"</i> .	Inauguración de la Estación Central de Ferrocarriles de Santiago. Fundación del Congreso Social Obrero.
1901	Descubrimiento de las mutaciones por H. de Vries, que propone su teoría mutacionista de la evolución ( <i>"Die Mutationstheorie"</i> ). <i>"Mind in Evolution"</i> (L. T. Hobhouse).	<i>"La carpopagia"</i> (S. Rodríguez). Valentín Letelier publica el primer tomo de su obra <i>"La Evolución de la Historia"</i> .	Germán Riesco, apoyado por la Alianza Liberal, asume la Presidencia de la República
1902	<i>"Mutual Aid"</i> (Piotr Kropotkin). W. Bateson ( <i>"Mendel's principles of heredity"</i> ) y L. Cuénot confirman las leyes mendelianas en animales. <i>"Development and Evolution"</i> (J. M. Baldwin).	Primeros textos chilenos evolución para la enseñanza media: <i>"La Teoría de la Evolución"</i> (B. Quijada); <i>"Teoría de la Evolución"</i> (O. Bürger); <i>"Teoría de la Evolución"</i> (F. Johow).	Fallo del rey de Inglaterra para trazar los límites entre Chile y Argentina. Promulgación del Código de Procedimiento Civil.
1903	<i>"Evolution and Adaptation"</i> (Thomas H. Morgan). <i>"L'idée d'évolution dans la</i>	Un grupo de personas realiza una acusación contra el profesor Juan Serapio Lois, publicada en <i>"El</i>	Estalla en Valparaíso la huelga de portuarios, con un saldo de 50 muertos y 200 heridos.

	<i>nature et dans l'histoire</i> " (G. Richard)	<i>Progreso de Copiapó</i> " el 16 de enero de 1903.	
1904	W. Johannsen experimenta con frijoles y se opone a la selección natural. "Controverses transformistes" (Alfred Giard)	"El transformismo darwiniano" (A. Gumucio), antievolucionista. "Charles Darwin" (C. E. Porter).	Tratado de paz con Bolivia otorga a Chile la posesión definitiva de Antofagasta.
1905		"Carta a M. P. Kropotkine" (J. E. Lagarrigue). Bernardino Quijada es comisionado para perfeccionar sus estudios en Europa.	Se inicia la construcción del Palacio de Bellas Artes. Huelga de la carne, deja 70 muertos.
1906	"Morals in Evolution", 2 vols, L. (T. Hobhouse). "L'evoluzione e i suoi limiti" (M. Calderón).		Fundación de la Federación de Estudiantes de Chile. Promulgación del Código de Procedimiento Penal. Terremoto destruye gran parte de Valparaíso. Reconstrucción de Valparaíso Ampliación de la educación primaria. Pedro Montt asume la Presidencia de la República.
1907	"L'Évolution créatrice" (Henri Bergson) plantea evolucionismo teísta. Hallazgo en Alemania de la mandíbula de Mauer u "hombre de Heidelberg"		La Sociedad Ballenera de Magallanes iza la bandera chilena en la Tierra de O'Higgins, Antártida. Matanza de entre 500 y 2.000 huelguistas en la Escuela Santa María de Iquique.
1908	Principio de Hardy Weinberg sobre el equilibrio en genética de poblaciones. Descubrimientos de los hombres fósiles de La Chapelle aux Saints, Le Moustier y Ehringsdorf. "Evolutionnisme et platonisme" (R. Berthelot).	"La evolución orgánica" (conferencia, J. Pinochet Le Brun). "Lamarck" (C. E. Porter).	El arzobispo de Santiago Monseñor Mariano Casanova funda la Facultad de Medicina de la Universidad Católica. Se funda la primera revista infantil chilena, "El Peneca". Se funda la Escuela de Carabineros.
1909	Diferencia entre fenotipo y genotipo (Johannsen). Descubrimiento de neandertalenses de La Ferrassie. "Der Entwicklungsgedanke bei Aristoteles" (H. Maier), Sobre el concepto de evolución o desarrollo en Aristóteles.	"Darwin en Chile" (C. E. Porter).	Fundación de la Federación Obrera de Chile, Foch.
1910	"La crise du transformisme" (F. Le Dantec). "Dogmatism and Evolution" (Theodore de Laguna).		Término del ferrocarril Longitudinal sur. Inauguración del ferrocarril transandino (Santiago - Mendoza). Inauguración del Museo Nacional de Bellas Artes. El presidente Pedro Montt fallece antes de terminar su período, lo sucede Ramón Barros Luco.
1911	"Island Life" (A. R. Wallace), aporta nuevos argumentos biogeográficos al evolucionismo. Inicio de estudios de Morgan en genética de <i>Drosophila</i>		"Nuestra Inferioridad Económica" (F. A. Encina) critica la falta de espíritu utilitario y práctico de la educación nacional.

1912	Arthur Smith Woodward anuncia el descubrimiento del "Hombre de Piltdown" (fraude)	Incorporación del Dr. Juan Noé a la Universidad de Chile	Congreso Educativo debate los planteamientos de Francisco A. Encina. Se enfrentan dos corrientes pedagógicas. Fundación del Partido Socialista Obrero por Luis E. Recabarren.
1913	" <i>The Fitness of the Environment</i> " (L. J. Henderson).		Extensión del ferrocarril hasta Puerto Montt. Fundación del Servicio Militar de Aeronáutica y la Escuela de Aviación.
1914	Experimentos de William Castle demuestran la selección natural en ratas de diferentes coloraciones ( <i>Carnegie Inst. Wash. Publ.</i> 195)	" <i>La teoría de la Evolución</i> " (B. Quijada), 3ª edición	Se crea el Orfeón chileno por iniciativa de don Ismael Parraguéz, con el nombre de "Sociedad Nacional de Coros". Se promulga ley de regadío. Se crea la Asociación de Mujeres de Chile de la Cruz Roja
1915	" <i>The Mechanism of Mendelian heredity</i> " (T. H. Morgan y cols.), integra el mutacionismo, mendelismo y citología. Reginald C. Punnett estudia el polimorfismo mimético de las mariposas y descubre que su herencia se adecua a las leyes de Mendel, estudió la selección en poblaciones naturales.		Se pone en marcha "Chuquicamata", el mineral de cobre a tajo abierto más grande del mundo Inicio de la Presidencia de Juan Luis Sanfuentes.
1916	" <i>A Critique of the Theory of Evolution</i> " (Thomas H. Morgan).	La Facultad de Humanidades acuerda la aprobación universitaria en forma unánime de la serie de textos de Quijada, " <i>Curso Completo de Ciencias Biológicas</i> ". Aníbal Celedón se refiere favorablemente al texto de Bernardino Quijada, en " <i>Las Últimas Noticias</i> ".	Promulgación de la Ley de Accidentes del Trabajo. Se promulga ley que permite suministrar alimentos a los niños pobres de las escuelas públicas
1917	" <i>The Origin and Evolution of Life</i> " (H. F. Osborn).	" <i>La teoría de la Evolución</i> " (B. Quijada), 4ª edición.	Promulgación de la Ley de Salas Cunas y de la Ley del Descanso Dominical Obligatorio. Ley de Protección a la Marina Mercante Nacional. " <i>El Problema Nacional</i> " (Darío Salas)
1918	Ronald Fisher comienza a aplicar métodos estadísticos en estudios poblacionales, que llevaron más adelante al análisis de factores como selección, difusión, aislamiento y pérdida genética en sus efectos sobre las poblaciones. Fisher demuestra que la variación cuantitativa es una consecuencia natural de la herencia mendeliana. " <i>Ologenesis</i> " (D. Rosa).	" <i>La teoría de la Evolución</i> " (A. Vicuña)	La educadora Amanda Labarca Hubertson inicia un viaje por Estados Unidos con el encargo del gobierno de estudiar el sistema escolar de ese país. Fundación de la Escuela de Minas de Antofagasta. Se promulga ley que permite dar alimentos a los niños pobres en las escuelas públicas. La FECH (Federación de Estudiantes de Chile) se convierte en un organismo con personería jurídica. Chile firma el convenio de la Liga de las Naciones, con sede en Ginebra, Suiza.
1919	" <i>The physical basis of Heredity</i> " (T. H. Morgan), demuestra que los genes se ubican en cromosomas. " <i>Logische Studien über Entwicklung</i> " (Hans Driesch), 2 vols., 1818-1819.	" <i>La agonía del darwinismo</i> " (C.D.Z). " <i>Darwin en Iquique</i> " (C. Vidal). El crítico Eliodoro Astorquiza replica los planteamientos antievolucionistas de Alejandro Vicuña a través de un periódico de Santiago.	Fundación de la Universidad de Concepción, cuyo primer rector fue Enrique Molina.

1920			Ley de Instrucción Primaria Gratuita y Obligatoria. Arturo Alessandri Palma, Presidente de la República por la Alianza Liberal (radicales, demócratas y fracción liberal).
1921	Hagedoom y Hagedoom presentan el concepto de deriva génica. Descubrimiento del cráneo de Broken Hill, descrito por A. S. Woodward como <i>Homo rhodesiensis</i>		Crisis salitrera disminuye los ingresos fiscales y origina despido masivo de trabajadores. Mueren 36 obreros y 4 uniformados en el desalojamiento de la oficina salitrera San Gregorio, ocupada por un grupo de trabajadores.
1922	Descubrimiento en Nebraska del <i>Hesperopithecus</i> , supuesto simio que resultó ser un cerdo. “ <i>Evolutionary Naturalism</i> ” (Roy Wood Sellars).		Promulgación de la Ley de Vivienda Popular. Protocolos de Washington. Inicio de negociaciones por el plebiscito de Tacna y Arica.
1923	“ <i>Emergent Evolution</i> ” C. Lloyd Morgan). “ <i>Cosmic Evolution</i> ” (John Elof Boodin).	Polémica pública sobre evolución entre Julio Restat y Hugo Lea Plaza. “ <i>La evolución orgánica</i> ” (E. Santier Saint Gabriel) “ <i>La teoría de la Evolución</i> ” (B. Quijada) Séptima edición	Se firma en Santiago un Tratado para evitar o prevenir conflictos entre los Estados Americanos.
1924	Hipótesis de Oparin acerca del Origen de la Vida. Hallazgo por R. Dart en Taung, Sudáfrica del primer australopiteco fósil. “ <i>The Concept of Evolution</i> ” (H. Spencer Lecture, H. W. B. Joseph,).	“ <i>La existencia de Dios ante la filosofía y las Ciencias</i> ” (J. Restat Cortés)	Renuncia del Presidente Alessandri. Fin del régimen parlamentario: junta militar de Gobierno (Altamirano, Bennet, Nef)
1925	“ <i>La adaptación</i> ” (Lucien Cuénot). “Ley Butler” de Tennessee declara ilegal la enseñanza de la evolución humana. “Juicio del mono” contra el Prof. John Scopes, en Tennessee. Descripción de <i>Australopithecus africanus</i> por Dart	“ <i>Bancarrotta del Evolucionismo</i> ” (J. Restat Cortés). “ <i>Compendio de la teoría de la Evolución orgánica para el uso de colegios</i> ” (T. Drathen)	Nueva Junta de Gobierno (Emilio Bello Codesido, general Dartnell y almirante Ward). Reassume la presidencia Arturo Alessandri. Nueva Constitución Política garantiza la libertad de enseñanza. Abdicación de Alessandri y gobiernos de L. Barros Borgoño y E. Figueroa.
1926	“ <i>La teoría del gen</i> ”, obra cumbre de T. H. Morgan. Suicidio de Paul Kammerer al descubrirse sus fraudes para demostrar el lamarquismo. Aplicación del mendelismo a poblaciones naturales (Chetverikov). “ <i>The Metaphysics of Evolution with Other Essays</i> ” (L. Whittaker). “ <i>Holism and Evolution</i> ” (Jan Christian Smuts). “ <i>Nomogenesis or Evolution determined by law</i> ” (E. S. Berg). “ <i>Purposive Evolution</i> ” (E. Noble).	Llega a Chile el fisiólogo y antropólogo Dr. Alejandro Lipschutz	Congresos Pedagógicos (Soc. Nac. Prof. Secundarios; U. de Chile). Fundación de la Universidad Técnica “Federico Santa María” en Valparaíso. Se crea la Academia de Ciencias Naturales, por parte del Rector de la Universidad Católica. Disolución de La Junta de Septiembre. Retorno de Arturo Alessandri.

	“ <i>The Factors of Social Evolution</i> ” (Theodore de Laguna).		
1927	Inducción experimental de mutaciones por radiaciones ionizantes (H. J. Muller) Descubrimiento y descripción del “hombre de Pekín”, <i>Sinanthropus pekinensis</i> , por Davidson Black Modelo lineal de la evolución humana (Ales Hrdlika). “ <i>L'exigence idéaliste et le fait de l'évolution</i> ” (Édouard Le Roy).		Renuncia a la presidencia de E. Figueroa. Asume la presidencia el general Carlos Ibañez del Campo. Quinta Convención de la Asociación General de Profesores, en Talca, aprueba el “ <i>Plan de Reforma Integral de Nuestra Enseñanza Pública</i> ”. Carlos Ibañez designa una comisión para reformar el sistema educacional, promulgando un Decreto con Fuerza de Ley impulsor de un avanzado intento de reforma general de la educación que consagra el estado docente. Creación del Ministerio de Educación Pública. Ley de Autonomía Universitaria. Creación de la Contraloría General de la República.
1928	Inducción de mutaciones mediante rayos X, por H. J. Muller. W. Garstang propone una hipótesis embriológica para el origen de los cordados ( <i>Q. J. Microsc. Sci.</i> 72:51). “ <i>Les origines humaines et l'évolution de l'intelligence</i> ” (Édouard Le Roy).	Se radica en Chile el sociólogo evolucionista alemán Georg F. Nicolai, profesor de la Universidad de Chile	Creación de la Caja de Crédito Industrial. Fundación de la Universidad Católica de Valparaíso.
1929	“ <i>The Origin of Life</i> ” (J. B. S. Haldane). “ <i>The genetical theory of natural selection</i> ” (R. A. Fisher) Descubrimiento en China del <i>Homo erectus</i> de Pekín (D. Black y Pei) Bernhard Rensch analiza las implicaciones evolutivas de la variación geográfica.	“ <i>La herencia en la biología y la medicina actual</i> ” (V. Körner)	Decreto Orgánico establece la introducción de asignaturas de carácter variable y de actividades de orientación educacional y vocacional en planes de enseñanza secundaria. Ley de Educación Primaria Obligatoria define la finalidad de la educación primaria, fijando su plan de estudio y dando constitución legal a las escuelas primarias experimentales Acuerdo con el gobierno de Perú: Tacna vuelve a poder peruano y Arica continúa como parte del territorio chileno. Gran crisis económica
1930	“ <i>The Genetical Theory of Natural Selection</i> ” (R. Fisher), da bases del sinteticismo armonizando darwinismo y mendelismo. Experimentos de Jennings con protozoos aparentemente apoyan a Lamarck.	“ <i>Algunos aspectos interesantes de la Teoría de la Evolución</i> ” (H. Vivanco Mora)	Comienza sus actividades académicas la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile.  Se crea Telefónica CTC Chile como una sociedad anónima llamada Compañía de Teléfonos de Chile.
1931	“ <i>Evolution in Mendelian Populations</i> ” (S. Wright). “ <i>Evolution and Theology</i> ” (E. C. Messenger).		Caida del gobierno de Carlos Ibañez. Gobierno de J. E. Montero, radical. Fundación de la Universidad Federico Santa María, en Valparaíso.
1932	“ <i>The Scientific Basic of Evolution</i> ” (T. H. Morgan), apoya al mutacionismo. “ <i>The Mechanism of Creative Evolution</i> ” (C. C. Hurst).		Anarquía: cuatro cuartelazos y siete gobiernos sucesivos. Fundación del movimiento nacionalsocialista chileno. Inicio de la Segunda presidencia de

	<p>“<i>The causes of Evolution</i>” (J. B. S. Haldane).</p> <p>“<i>Problems of Relative Growth</i>” (J. S. Huxley).</p> <p>“<i>La genese des especes animals</i>” (L. Cuénot).</p> <p>Descripción de los reptiles mamíferoides (<i>The Mammal-Like Reptiles of South Africa</i>”, R. Broom).</p> <p>Expedición danesa descubre los ictiostégidos, anfibios cercanos a los crosopterigios.</p> <p>Hallazgo del cráneo de Florisbad.</p>		Arturo Alessandri.
1933	<p>Hallazgo del cráneo de Stenheim, Alemania y del cráneo de Swanscombe, Inglaterra</p> <p>“<i>La teoria dell'evoluzione in attesa dell'ultima parola</i>”(Stefano Cannavo).</p>	<p>“<i>Darwin en Chile</i>” (A. Fuenzalida).</p> <p>“<b>Teoría de la Evolución</b>” (H. Vivanco Mora).</p> <p>“<b>La evolución Orgánica</b>” (V. Panzarasa)</p>	<p>El educador y abogado Pedro Aguirre Cerda fundó junto a otros docentes los Talleres de Industrias Nacionales. La Escuela de Comercio de la Universidad Católica de Chile se convierte en Facultad. Fundación del Partido Socialista de Chile.</p>
1934	<p>“<i>Aristogenesis, the creative principle in the origin of species</i>” (H. F. Osborn, <i>Amer. Natur.</i> 68:193)</p>		
1935	<p>Lysenko y Prezent atacan al mendelismo y defienden la herencia de caracteres adquiridos.</p> <p>“<i>Evolution and the Christian concept of God</i>” (Riddell Memorial Lectures, Charles Earle Raven).</p>		
1936	<p>Publicaciones antiseleccionistas de Shull y de G. C. Robson y O. W. Richards (“<i>The Variation of Animals in Nature</i>”).</p> <p>Estudio de especiación por autotetraploidía (Mützing, <i>Hereditas</i> 21:263).</p> <p>“<i>Up from the Ape</i>” (E. A. Hooton).</p> <p>“<i>Religious Values in the Philosophy of Emergent Evolution</i>” (Cornelia G. Le Boutillier).</p>	<p>“<i>Fundamentos reales de la Sociología</i>” (G. F. Nicolai).</p> <p>“<b>Temas de Biología General</b>” (G. Ebel)</p> <p>“<b>Biología e Higiene. 6° año</b>” (C. Silva Figueroa).</p> <p>“<b>Elementos de biología para el sexto humanidades y la Teoría de la evolución con la aprobación ministerial</b>” (H. Vivanco Mora).</p>	<p>Creación de la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos. Creación de la Confederación de Trabajadores de Chile.</p>
1937	<p>“<i>Genetics and the Origin of Species</i>” (T. Dobzhansky) fundador del sinteticismo</p>		<p>Legislación social (ley de medicina preventiva; ley del sueldo mínimo y vital).</p> <p>Creación del Frente Popular, que integró a varios partidos políticos de izquierda.</p>
1938	<p>T. Dobzhansky y Sturtevant establecen la genealogía de especies de <i>Drosophila</i> según la estructura cromosómica</p> <p>Descripción de <i>Paranthropus robustus</i> por Robert Broom</p>		<p>Fundación de la Falange Nacional, de la juventud conservadora, que años después formó el partido demócrata cristiano.</p> <p>Matanza del Seguro Obrero, edificio que había sido ocupado por nacionalsocialistas.</p>

			Triunfo del Frente Popular lleva a la Presidencia de la República a Pedro Aguirre Cerda, radical.
1939	“ <i>The Evolution of Genetic systems</i> ” (C.D. Darlington)	“ <i>Lecciones de Biología. Quinto humanidades</i> ” (C. Yañez Bravo).	Violento sismo destruye el territorio entre Talca y Concepción (“terremoto de Chillán”). Creación de la Corporación de Fomento de la Producción.
1940	“ <i>The material basis of Evolution</i> ” (R. Goldschmidt) plantea el efecto evolutivo de las macromutaciones. “ <i>Embryos and Ancestors</i> ” (G. R. de Beer). E. B. Ford demuestra que la selección cambia los efectos de los genes. “ <i>Adaptative coloration in Animals</i> ” (Cott), apoya a la selección natural. “ <i>Gestaltungen des Entwicklungsgedankens</i> ” (Kurt Breysig).	“ <i>Biología e Higiene. 6° año</i> ” (C. Silva Figueroa), nueva edición.	Delimitación del Territorio Antártico Chileno.
1941	“ <i>Évolution</i> ” (Jean Perrin). “ <i>L’Avenir de l’esprit</i> ” (Pierre Lecomte du Noüy) plantea un evolucionismo telefinalista: el cálculo de probabilidades muestra, según el autor, que el origen de la vida y su evolución no son “azares ciegos”.	“ <i>Las bellezas de Chile y Carlos Darwin</i> ” (C. Yañez Bravo).	
1942	“ <i>Systematic and the Origin of Species</i> ” (E. Mayr). “ <i>Evolution, the Modern Synthesis</i> ” (Sir J. Huxley). Alopoliploidía en la especiación (Goodsped y Bradley). “ <i>L’évolution humaine</i> ” (J. Przulski).		El presidente Aguirre Cerda fallece durante su mandato. Asume la presidencia de la República el radical Juan A. Ríos, en cuyo gabinete figuraron radicales, socialistas, democráticos y liberales.
1943	Luria y Delbrück demuestran que las mutaciones no son inducidas adaptativamente ( <i>Genetics</i> , 28). “ <i>L’évolution régressive</i> ” (G. Salet y L. Lafont).		
1944	“ <i>Tempo and Mode in Evolution</i> ” (G. G. Simpson), integra la palentología al sinteticismo		
1945	“ <i>La dottrina dell’evoluzione e le teorie evoluzionistiche</i> ” (G. Colosi).		La poetisa Gabriela Mistral recibe el Premio Nobel de Literatura. Plan de Renovación Gradual de la Educación Secundaria. Creación de liceos experimentales. La Empresa Nacional del Petróleo comienza a extraer y procesar hidrocarburos en Magallanes.
1946	Desarrollo de las técnicas de datación mediante radiactividad, por Willard F.	“ <i>El Abate Molina: uno de los precursores de Darwin</i> ” (J. Espinosa).	Asume el gobierno el radical Gabriel González Videla, que comenzó gobernando con el partido comunista, al

	<p>Libby. Se funda en EEUU The Society for the Study of Evolution, que promueve estudios evolutivos. “<i>The South African Apemen: The Australopithecine</i>” (R. Broom)</p>		que puso más tarde fuera de la ley.
1947	<p>Congreso de Princeton que impulsó al sinteticismo. Comienza a editarse la revista <i>Evolution</i>. Estudio de selección natural en ratón <i>Peromyscus</i> (<i>Contrib. Lab. Verteb. Biol.</i> 34, L. R. Dice) Estudio de los pinzones de Darwin (“<i>Darwin’s Finches</i>”, D. Lack). “<i>L’accélération évolutive</i>” (François Meyer.).</p>		<p>Instalación de la Base Antártica Capitán Arturo Prat. Chile reclama la soberanía nacional sobre la franja de mar patrimonial con un ancho de 200 millas. Se funda la Universidad Técnica del Estado (actualmente Universidad de Santiago).</p>
1948	<p>“<i>La question de l’homme fossile. Découvertes récentes et problèmes actuels</i>” (P. Teilhard de Chardin). “<i>L’homme et l’évolution</i>” (A. Vandel.).</p>		Inauguración de la Base Antártica General O’Higgins.
1949	<p>“<i>The meaning of Evolution</i>” (G. G. Simpson) populariza el sinteticismo. “<i>Genetics, Paleontology and Evolution</i>” (G. L. Jepsen, E. Mayr y G. G. Simpson). “<i>Factors in Evolution</i>” (I. Schmalhausen, desarrolla el papel conservador de la selección natural). “<i>Evolution and Philosophy</i>” (G. H. Duggan). J. B. S. Haldane propone el “darwin” como unidad de cambio evolutivo.</p>		
1950	<p>Estudio de selección natural en caracoles (A. J. Cain y P. M. Sheppard, <i>Heredity</i> 4:275). Hallazgo del cráneo SK 48 en Swartkrans (<i>A. robustus</i>) “<i>Variations and Evolution in Plants</i>” (G. L. Stebbins). “<i>Grundfragen der Palaeontologie</i>” (O.H.Schindewolf, evolución por causas internas). “<i>Humani Generis</i>” (Papa Pio XII)</p>		
1951	<p>Experimentos sobre Selección natural en melanismo industrial de <i>Biston betularia</i> (H. B. D. Kettlewell). “<i>The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and Its Significance for Man</i>”</p>	<p>“<i>El camino propio evolutivo y el origen del hombre</i>” (M. Westenhöfer). Martín Gusinde reproduce las descripciones de los yárganes entregadas por Charles Darwin.</p>	“Complot de Colliguay” intenta derribar a González Videla.



	(George Gaylord Simpson). “ <i>Evolution Emerging</i> ” (W. K. Gregory). “ <i>L’evolution biologique</i> ” (L. Cuénot).		
1952	Experimento de Lederberg y Lederberg con bacterias que demuestra que las mutaciones son preadaptativas, rechazando al lamarckismo	“ <b>Biología general, higiene y temas de biología. Sexto humanidades</b> ” (G. Ebel)	Asume el gobierno el presidente Carlos Ibañez del Campo, independiente populista, con apoyo del partido agrario laborista.
1953	Experimento de Stanley Miller sobre el origen de la vida. Modelo del ADN de Watson y Crick ( <i>Nature</i> 171) “ <i>The major features of evolution</i> ” (G. G. Simpson). Waddington da a conocer su hipótesis de la “asimilación genética”.	“ <i>Al encuentro del Hombre</i> ” del ensayista Arturo Aldunate Phillips, evolucionista teísta.	Creación de la Superintendencia de Educación Pública. Creación del Banco del estado, a través de la fusión de varias entidades. A la ciudad de Arica se le concede la calidad de Puerto Libre. Creación de la Central Única de Trabajadores (CUT).
1954	Modelo de especiación peripátrida de Ernst Mayr. Arambourg descubre el “ <i>Atlanthropus</i> ” en Argelia. “ <i>Problématique de l’évolution</i> ” (François Meyer).	Conferencia sobre “ <i>El origen del hombre</i> ” de Sinesio Urrestarazu y polémica con el sacerdote Guillermo Echeverría Moorhouse.	Fundación de la Universidad Austral de Chile, en la ciudad de Valdivia.
1955	Teilhard de Chardin (“ <i>Le Phénomene humain</i> ”), el ser humano sería, según el autor, la culminación de la evolución biológica, hay finalismo sólo cuando los seres vivos alcanzan cierto grado de desarrollo.		Misión Klein-Saks, estadounidense, propone medidas para superar los graves problemas de la economía nacional.
1956	“ <i>The Biological Basis of Human Freedom</i> ” (T. Dobzhansky). “ <i>Formation et transformation des espèces</i> ” (G. Dingemans).		Surge una nueva agrupación política, el Frente de Acción Popular, Frap, que agrupa a partidos políticos de izquierda.
1957	“ <i>The Strategy of the Genes</i> ” (C. H. Waddington). “ <i>Zoogeography</i> ” (P. J. Darlington, revaloriza el tema desde Wallace).	“ <b>Biología e Higiene. 6° año</b> ” (C. Silva Figueroa).	Se forma el Partido Demócrata Cristiano, surgido de la fusión de la Falange Nacional y el Partido Conservador Social Cristiano. Se funda la Universidad Católica del Norte.
1958	Henri V. Vallois publica su monografía sobre los fósiles de Fontéchevade, planteando el problema de la ubicación de los neandertales en la evolución humana. “ <i>The Biological Basis of Human Sociality</i> ” (E. W. Count, <i>Amer. Anthropol.</i> 60, 6:1049)	“ <i>El centenario de la teoría de la Evolución de Darwin y Wallace</i> ” (G. Looser). “ <i>Darwin centenary celebrations</i> ” (Duke). “ <i>Contribución de la embriología moderna a la Teoría de la Evolución</i> ” (O. Badínez). “ <i>La teoría de la selección natural</i> ” (D. Brncic). “ <i>Las contribuciones de Darwin y Wallace al pensamiento biológico</i> ” (G. Hoecker). “ <i>Darwin y Chile</i> ” (C. Keller).	Inicio del gobierno de Jorge Alessandri R., independiente apoyado por los partidos de derecha.
1959	Mary Leakey descubre al “ <i>zinjántropo</i> ” ( <i>Australopithecus boisei</i> ) “ <i>Evolution above the Species</i> ”	“ <i>Cien años de darwinismo</i> ” (D. Brncic). “ <i>Charles Robert Darwin</i> ” (G. Mostny).	

	level” (B. Rensch) “ <i>Mankind in the Making</i> ” (William H. Howells)	Artículos sobre evolución (L. Capurro y F. Silva). “ <i>De Malthus a Darwin</i> ” (A. Lipschutz).	
1960	Paul R. Ehrlich y Peter Raven acuñan el término “coevolución”. “ <i>Evolution above the species level</i> ” (B. Rensch). “ <i>Adam’s Ancestors</i> ” (L. S. B. Leakey). “ <i>Evolution After Darwin</i> ”, 3 vols., (Julian Huxley, C. G. Simpson y cols.).	“ <i>El centenario de un libro de Charles Darwin</i> ” (A. Lipschutz). “ <i>Darwin y Chile</i> ” (S. Villalobos). “ <i>Carlos Darwin en Chile</i> ” (C. Yañez Bravo). “ <i>Darwin, la filosofía y la ciencia</i> ” (P. Zuleta). “ <i>Nociones de Biología. 6ª humanidades</i> ” (Weiss y Horvat, 3ª ed)	Violento movimiento sísmico y maremoto en el sur de Chile. Una nueva unidad monetaria, el escudo, reemplaza al peso.
1961	Estudio de H. B. D. Kettlewell sobre el melanismo industrial en lepidópteros ( <i>Ann. Rev. Entomol.</i> 6). “ <i>The Ascent of Life: A Philosophical Study of Evolution</i> ” (Thomas A. Goudge).	“ <i>El hombre y su planeta</i> ” (R. Cruz Coke)	
1962	L. Pauling y Emil Zuckerkandl proponen un “reloj molecular” de la evolución. “ <i>Mankind Evolving</i> ” (T. Dobzhansky). “ <i>The Origin of Races</i> ” (Carleton S. Coon)	“ <i>El hombre inconcluso</i> ” (B. Subercaseaux)	Formación de la “ <i>Comisión para el planeamiento integral de la Educación</i> ”. Realización del campeonato Mundial de Fútbol en Santiago. Primera Ley de Reforma Agraria. Rompimiento de relaciones con Bolivia.
1963	Descubrimiento del “hombre de Lantian” en China. “ <i>Animal species and Evolution</i> ” (E. Mayr)		Gira presidencial internacional.
1964	Descubrimiento de <i>Homo habilis</i> (Leakey, Tobias y Napier). “ <i>This view of Life</i> ” (G. G. Simpson). “ <i>Ecological Genetics</i> ” (E. B. Ford). Inicio de la sociobiología ( <i>Jour. Theo. Biol.</i> 7:1-32, W. D. Hamilton). Filogenia y secuencia del ADN (B. H. Hoyer y cols.	“ <i>Historia inhumana del Hombre</i> ” (B. Subercaseaux)	Fundación de la Universidad del Norte. Inicio del gobierno de Eduardo Frei Montalva, demócrata cristiano.
1965	Caída de T. Lysenko en la URSS y rehabilitación del mendelismo. “ <i>The Geography of Evolution</i> ” (G. G. Simpson). “ <i>Evolution and Philosophy</i> ” (A. G. van Melsen,).	“ <i>Los grandes principios unificadores de la biología</i> ” (N. Glavic y L. Capurro)	A Pablo Neruda se le otorga el título de Doctor Honoris Causa en Filosofía y Letras de la Universidad de Oxford.
1966	“ <i>Phylogenetic Systematics</i> ” (Willi Hennig). “ <i>Adaptation and Natural Selection</i> ” (George C. Williams). “ <i>La Evolución</i> ” (Biblioteca de Autores Cristianos)	“ <i>Biología darwiniana y sociología marxista</i> ” (A. Lipschutz). “ <i>Biología: texto para el sexto año de humanidades de acuerdo don el nuevo programa</i> ” (F. Jara)	Reforma Educacional de Eduardo Frei Montalva. Movimientos estudiantiles universitarios pretenden modificar las estructuras de las universidades. Unión de los partidos Conservador y Liberal en el Partido Nacional.
1967	“ <i>Man-Apes or Ape-Men?. The History of the Discoveries in</i>		Los alumnos de la Universidad Católica se toman el edificio de la Casa Central

	<i>Africa</i> ” (Wilfrid Le Gros Clark)		de la Universidad. Aprobación de las leyes de Reforma Agraria y de Sindicalización Campesina.
1968			Toma de la Casa Central y otros recintos de la Universidad de Chile, por parte de los estudiantes. Dictación de la ley de Juntas de Vecinos, que además legalizó los Centros de Madres y otras organizaciones comunitarias.
1969	Redescubrimiento de la selección sexual. Descripción de <i>Ceratocystis</i> , cordado con afinidades con equinodermos (R. P. S. Jeffries <i>Paleontology</i> 12:494).	“ <b>Biología: texto para el sexto año de humanidades de acuerdo don el nuevo programa</b> ” (F. Jara, 2ª edición)	Creación de la Oficina Nacional de la Mujer, dependiente de la Presidencia de la República. Nacionalización del cobre. Creación del Pacto Andino.
1970	“Evolución por duplicación génica” (S. Ohno). “ <i>La Logique du Vivant</i> ” (F. Jacob). “ <i>El azar y la necesidad</i> ” (J. Monod) “ <i>El origen de la célula eucariótica</i> ” (L. Margulis)	“ <i>El origen de los organismos vivientes según el Abate Molina</i> ” (H. Gunckel).	Inicio del Gobierno de Salvador Allende, socialista. Promulgación de Ley de Reformas de la Constitución Política. Asesinato del Comandante en Jefe del Ejército, general René Schneider.
1971		“ <i>Con Darwin en Chile</i> ” (J.Meehan).	Congreso Nacional de Educación. Profundización de la reforma agraria: expropiación de más de 2 millones de hectáreas. Asesinato del ex vicepresidente de la República Edmundo Pérez Zujovic.
1972	Modelo de equilibrio puntuado de S. J. Gould y N. Eldredge (en T. J.M. Schompf, edit., <i>Models in Paleobiology</i> , pág. 82). Teoría de selección por parentesco (Trivers), base de la sociobiología. H. Morris funda el “Instituto para la investigación de la Creación”.		El presidente Allende realiza gira por varios países (Perú, México, Argelia, URSS, Cuba, Venezuela ...). Chile es sede de la Tercera Reunión de la Unctad, organismo dependiente de las Naciones Unidas.
1973	Descubrimiento por Kamoyu Kimeu del cráneo KNM-ER 1813 en Koobi Fora	“ <i>El cristianismo en la óptica de Evolución</i> ” (A. Aninat). G. Ledyard Stebbins dicta curso sobre evolución en la Universidad de Chile. “ <b>Revisión de los conceptos de Biología contemplados en los programas de Enseñanza Media</b> ” (L. Capurro).	Plan de Escuela Nacional Unificada de Allende. Golpe militar de Augusto Pinochet
1974	Teoría neutralista (Kimura y Ohta). “ <i>The Origins of Life on Earth</i> ” (S.M. Miller y L. E. Orgel). Karl Popper critica al darvinismo (“ <i>Unended Quest: An Intellectual Autobiography</i> ”). “ <i>The Genetic Basis of Evolutionary Change</i> ” (R. Lewontin).	“ <i>La aventura chilena de Darwin</i> ” (S. Villalobos).	El gobierno militar pone fin a la existencia de las Escuelas Normales. Se inicia la aplicación de un nuevo modelo económico basado en la economía social de mercado. Pinochet asume poderes presidenciales. Creación de la Dirección de Inteligencia Nacional, Dina, integrada por personal de la defensa nacional y Carabineros. Asesinato del general Carlos Prat y su esposa en Buenos Aires.

	<p>“<i>The Understanding of Nature</i>” (M. Greene). Hallazgo de “Lucy” (<i>Australopithecus afarensis</i>)</p>		
1975	<p>“<i>Sociobiology: the new synthesis</i>” (E. O. Wilson). M.C. King y Allan Wilson publican en <i>Science</i> que el ser humano y el chimpancé comparten el 99% de sus genes</p>		<p>Reunión de los presidentes de Chile y Bolivia en la estación ferroviaria altiplánica de Charaña para resolver problemas pendientes entre ambos países. El peso es readoptado como unidad monetaria.</p>
1976	<p>“<i>The Selfish Gene</i>” (R. Dawkins). Trino Torres encuentra una mandíbula humana en la Sima de los Huesos de la sierra de Atapuerca, España</p>		<p>Realización en Santiago de la VI Asamblea de la Organización de Estados Americanos. Asesinato en EEUU del ex Canciller socialista Orlando Letelier.</p>
1977	<p>“<i>Ontogeny and Phylogeny</i>” (S. Jay Gould). “<i>Ever Since Darwin</i>” (S. Jay Gould). “<i>Evolution</i>” (T. Dobzhansky, F. J. Ayala, G. L. Attebbins, J. W. Valentine). “<i>Geographic Variation, Speciation and Clines</i>” (J. A. Endler). “<i>The Spirit of System: Lamarck and Evolutionary Biology</i>” (R. W. Burkhardt).</p>	<p>“<i>Genética de poblaciones humanas</i>” (F. Rothhammer).</p>	<p>Organización de la Naciones Unidas condena a Pinochet por no respetar los derechos humanos. En Chacarillas, el general Pinochet planteó lo que sería la nueva institucionalidad del país.</p>
1978	<p>“<i>On Human Nature</i>” (E. O. Wilson) “<i>The Evolution of Sex</i>” (J. Maynard Smith). “<i>Human Evolution</i>” (Washburn-McCown)</p>		<p>Las tres Direcciones Generales de Educación se fusionan en una dirección única. Hallazgos de restos de detenidos desaparecidos por el Gobierno Militar en una mina abandonada de Lonquén. Chile y Argentina aceptan la mediación papal para resolver problemas limítrofes.</p>
1979	<p>Apoyo al equilibrio puntuado (“<i>Macroevolution: Pattern and process</i>”, S. M. Stanley) “<i>Heredity, development and evolution</i>” (C. Birkett) “<i>Le darwinisme aujourd’hui</i>” (P. P. Grassé y cols.)</p>	<p>“<i>Catecismo Científico</i>”, del Dr. Jorge Abásolo Soto. “<i>Fundamentos de la teoría de la evolución biológica</i>” (D. Brncic). “<i>Nociones de biología. 4º año enseñanza media</i>” (A. Horvat y C. Weiss, 9ª.ed). “<i>Prueba específica de biología</i>” (R. Rojas).</p>	<p>Violenta represión el 1º de mayo. Suspenden revistas. Se impone tipo de cambio fijo y el dólar en 39 pesos. Entra en vigencia el Plan Laboral. Son amnistiados carabineros responsables de asesinatos en Lonquén. La CNI ejecuta y tortura de decenas de personas. Corte Suprema niega extradiciones de responsable de asesinato de Letelier solicitadas por EE.UU. Encuentran restos de desaparecidos en Yumbel y se denuncia los entierros clandestinos en Patio 29. EE. UU anuncia medidas económicas contra Chile.</p>
1980	<p>“<i>The Evolutionary Synthesis</i>” (E. Mayr y W. Provine). “<i>The evolution of Culture in Animals</i>” (J. T. Bonner). “<i>Sociobiology Examined</i>” (A. Montagu). “<i>Origen y evolución del</i></p>		<p>Nueva Constitución Política de la República de Chile que permite a Pinochet permanecer en la presidencia hasta 1989 y que por primera vez separa el derecho a la educación de la libertad de enseñanza. Comienza al traspaso de establecimientos educacionales a los</p>

	<p>hombre” (F. J. Ayala).  <i>“The Self Organizing Universe: Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution”</i> (E. Jantsch).          Esquema lineal de la evolución humana por Milford H. Wolpoff.</p>		municipios.
1981	<p>“<i>Genes, mind and culture</i>” (E. O. Wilson y C. J. Lumsden).          Owen Lovejoy relaciona la posición erguida con la monogamia (<i>Science</i> 211:341).  <i>“The New Evolutionary Timetable”</i> (S. M. Stanley).  <i>“Evolution und Geist”</i> (H. Holz).          Nueva hipótesis del origen de la información genética (<i>Sci. Am.</i> 4(244):88, M. Eigen y cols.).          Ley del “Tratamiento Equilibrado” para la enseñanza de la evolución y la creación en Arkansas.</p>	<p>“<i>El desarrollo de las teorías evolutivas después de Darwin</i>” (F. Rothhammer).</p>	<p>Crisis económica produce la quiebra de 423 empresas.          Antiguas sedes regionales de la Universidad de Chile pasan a constituir Universidades autónomas (de Antofagasta, de Tarapacá, del Biobío, de Talca, de la Frontera, de Valparaíso).          En Punta de Tralca, en una reunión a la que asistieron más de 500 sindicalistas, se resolvió transformar la entidad en una "Unión Democrática de Trabajadores"</p>
1982	<p>Hipótesis de A. G. Cairns Smith sobre participación de las arcillas en el origen de la vida.  <i>“Evolution and the Theory of Games”</i>(J. Maynard Smith)</p>	<p>“<i>El hombre y la evolución</i>” (A. Horvat).  <i>“Orígenes del darwinismo en Chile”</i> (B. Márquez).  <i>“Luz, sombra de Dios”</i>, de Arturo Aldunate Phillips, evolucionista teísta, fustiga duramente a los agnósticos y ateos.  <i>“Biología. Cuarto año medio”</i> (N. Glavic y G. Ferrada)</p>	<p>Asesinato del dirigente sindical Tucapel Jiménez, el ex presidente Eduardo Frei fallece por una septicemia generalizada, en extrañas circunstancias.          Devaluación del peso.</p>
1983	<p>“<i>The Neutral Theory of Molecular Evolution</i>” (M. Kimura)</p>	<p>“<i>Darwin: la aventura de un espíritu</i>” (D. Papp).</p>	<p>Grave crisis económica lleva a la intervención de la Banca.          Manifestaciones populares masivas de protesta.</p>
1984	<p>“<i>Oxford Surveys in Evolutionary Biology 1</i>” (R. Dawkins y M. Ridley, editores)  <i>“The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus”</i> (E. Sober ).  <i>“The triumph of the Darwinian Method”</i> (M. T. Ghiselin)</p>	<p>“<i>Evolución</i>” (A. Horvat).</p>	<p>Se convoca a protesta nacional, por lo que se decreta estado de emergencia y toque de queda, produciéndose 7 muertes, 20 heridos a balas, 700 detenidos.          Chile y Argentina suscriben un tratado que pone fin a las controversias sobre delimitación de espacios marítimos australes.</p>
1985	<p>“<i>Evolution: Essays in honour of John Maynard Smith</i>” (P.J. Greenwood, P.H. Harvey y M. Slatkin, editores)  <i>“Darwinism and Divinity”</i> (J. Durant, editor).  <i>“Theories of Evolution in Antiquity”</i> (S. Blundell).  <i>“Evolution at a Crossroads: The New Biology and the New</i></p>	<p>“<i>El núcleo, los cromosomas y la evolución</i>” (S. Berríos y colaboradores).  <i>“Biología 4º Medio”</i> (M. Molina y M. E. Zárate).  <i>“La evolución biológica”</i> (B. Yankovic).</p>	<p>El general César Mendoza renuncia a la Junta Militar como consecuencia del crimen de los degollados en que están implicados funcionarios de su institución .          Partidos de diversas tendencias firman un Acuerdo Nacional que expresa el deseo de entendimiento, y exige plenas libertades civiles y elecciones libres.</p>

	<i>Philosophy of Science</i> ” (M. Grene, E. Mayr, F. Ayala y cols.)		
1986	<p>“<i>Natural Selection in the Wild</i>” (J. Endler).</p> <p>“<i>The Blind Watchmaker</i>” (R. Dawkins).</p> <p>“<i>The RNA Word</i>” (<i>Nature</i> 319:618, W. Gilbert).</p> <p>“<i>Taking Darwin Seriously: A Naturalistic Approach to Philosophy</i>” (M. Ruse).</p> <p>“<i>Catequesis sobre la Creación</i>” (J. Pablo II).</p>		<p>Promulgación de la Ley Orgánica Constitucional sobre Sistema e Inscripciones Electorales y Servicio Electoral.</p> <p>Atentado contra la vida del general Pinochet.</p>
1987	<p>Estudio basado en el ADN mitocondrial sugiere que <i>Homo sapiens</i> surgió en África hace 200.000 años (R. Cann y cols. <i>Nature</i> 325:31)</p> <p>Teoría de la selección neural (“<i>The Theory of Neural Group Selection</i>”, G. Edelman).</p> <p>Se confirma la deriva continental con el proyecto Crustal Dynamics.</p>		<p>Promulgación de la Ley Orgánica de los Partidos Políticos.</p> <p>Visita del Papa Juan Pablo II a Chile. El cardenal Raul Silva Henríquez recibe en Washington el premio "Human Rights Law Award" por su trabajo por la defensa de los derechos humanos en Chile.</p>
1988	<p>“<i>Genetics, Paleontology and Macroevolution</i>” (J. Levinton).</p> <p>Extinciones periódicas (<i>Science</i> 241:94; Raup y Sepkoski).</p> <p>“<i>Evolutions-theorien</i>” (F. M. Wuketits).</p>		<p>Se pone fin al exilio y se anuncia que todos los ciudadanos chilenos pueden ingresar al país.</p> <p>Triunfo del “No” en el Plebiscito que pretendía prolongar el mandato del general Pinochet por ocho años más.</p>
1989	<p>“<i>Genetics, Speciation and the Founder Principle</i>” (L.V. Giddings, K.Y. Kaneshiro y W.W. Anderson)</p> <p>“<i>Evolutionary Genetics</i>” (J. Maynard Smith)</p> <p>“<i>Arguments on Evolution: A Paleontologist’s Perspective</i>” (A. Hoffman).</p>	<p>“<b>Nociones de biología. 4° año de enseñanza media</b>” (A. Horvat y C. Weiss, 12ª. Edición)</p>	<p>Plebiscito para aprobar Reformas Constitucionales.</p> <p>El Gobierno de Estados Unidos anuncia el hallazgo de cianuro en dos granos de uvas provenientes de Chile.</p> <p>El Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos es incorporado a la ley. Ratificado por Chile en 1972, el pacto es incorporado a la jurisprudencia chilena como resultado de la campaña de grupos de derechos humanos.</p>
1990	<p>“<i>Oxford Surveys in Evolutionary Biology</i>” (D. J. Futuyma y J. Antonovics, editores)</p> <p>“<i>Vertebrate Paleontology: Biology and Evolution</i>” (M. J. Benton)</p>	<p>“<i>Religión y darwinismo: la bancarrota de la teología</i>” (J. Rivano).</p>	<p>Restauración de la democracia con el gobierno de Patricio Aylwin, demócrata cristiano.</p> <p>Programa de las 900 escuelas, estrategia de apoyo técnico y material con el objetivo de mejorar la calidad de los aprendizajes de los alumnos de escuelas básicas con riesgo educativo.</p> <p>Creación de la Comisión Especial de Pueblos Indígenas.</p> <p>Chile se incorpora a las actividades conmemorativas del 5° centenario del descubrimiento de América.</p>
1991	<p>“<i>Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History</i>”</p>	<p>“<i>Origen y evolución de la especie humana</i>” (A. Spotorno).</p> <p>“<b>Biología IV Medio</b>” (M. C. Lastra)</p>	<p>Declaración de gobiernos de Chile, Argentina y Brasil que prohíbe fabricación, desarrollo y uso de armas</p>

	(S. J. Gould) "One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought" (E. Mayr) "The Comparative Method in Evolutionary Biology" (P. H. Harvey y M. D. Pagel)	y cols). "Biología IV año Educación media" (N. Glavic y G. Ferrada).	químicas y bacteriológicas. El congreso aprueba un plan de reforma constitucional que establece direcciones directas de concejales y alcaldes. Chile se incorpora como miembro pleno a la Conferencia de Cooperación Económica del Pacífico, Peec.
1992	"The Dynamics of Evolution: The Punctuated Equilibrium Debate in the Natural and Social Sciences" (A. Somit y S. A. Peterson)	"Ensayos sobre Ciencia y Religión: de Giordano Bruno a Charles Darwin" (H. Benítez). "Origen de las especies por medio de la deriva natural" (H. Maturana y J. Mpodozis). "La evolución del cerebro en los vertebrados" (B. Gunther).	Se crea la Corporación Nacional por la Reparación y la Reconciliación con el mandato de continuar la labor comenzada por la Comisión Rettig. Su misión es determinar la responsabilidad de los agentes del Estado en casos de violaciones a los derechos humanos y también otorgar las asistencias determinadas por el Estado a familiares de las víctimas. Se pone en práctica la nueva ley de elecciones municipales. Con ocasión de las celebraciones del 5° centenario del descubrimiento de América, visita al país Felipe, príncipe de Asturias.
1993	Simposio "Ape, man, apeman : changing views since 1600", Leiden, Países Bajos, 28 Junio-1 Julio 1993 "Species Evolution. The role of Chromosome change" (M. King).	"Ciencias Naturales 6" (Arrayán), texto para sexto año básico. "Elementos de Biología celular y genética" (A. E. Spotorno y G. Hoecker, edits.).	VII Reunión Presidencial del Grupo de Río, en Santiago. El papa Juan Pablo II canoniza a la monja carmelita Teresa de Jesús de los Andes. El parlamento aprueba la Ley de Pueblos Indígenas.
1994	"The Coevolutionary Process" (J. N. Thompson) "Conceptual Issues in Evolutionary Biology" (E. Sober, editor) "Darwin's Laboratory: Evolutionary Theory and Natural History in the Pacific" (R. McCleod y P. F. Rehbock, editores) Se dan a conocer los fósiles de Awash medio como <i>Australopithecus ramidus</i> y se descubre a <i>A. anamensis</i> .	"Darwin y el estudio científico del comportamiento" (F. Lolas). "Dios y nuestro origen", folleto antievolucionista de Alberto Tello Mourgues. "Ciencias Biológicas. Educación Media. Plan Electivo III y IV" (U. Hidalgo y colaboradores).	Eduardo Frei Ruiz-Tagle asume la Presidencia de la República. Chile se incorpora al Tratado de Tlatelolco y es invitado a ingresar al Tratado de Libre Comercio con EEUU, México y Canadá.
1995	"La Vie en Catastrophes" (V. Courtillot) "Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life" (D. C. Dennett) "Reinventing Darwin: The Great Evolutionary Debate" (N. Eldredge). "The Major Transitions in Evolution" (J. Maynard Smith y E. Szathmáry) "Science on Trial. The case for	"Ciencias biológicas. Educación Media. Plan Electivo III y IV" (Ulises Hidalgo y colaboradores)	El Gobierno solicita el ingreso de Chile al Mercosur. El Congreso aprueba la construcción de la Cárcel de Punta Peuco, una prisión especial para personal militar y otros autores de crímenes catalogados como violaciones a los derechos humanos.

	<i>Evolution</i> " (D. J. Futuyma) Hallazgo de <i>Australopithecus bahrelghazali</i> y de <i>A. garhi</i> .		
1996	El papa Juan Pablo II habla en la Pontificia Academia de Ciencias sobre la evolución biológica "Why We Get Sick: The New Science of Darwinian Medicine" (R. Nesse y G. C. Williams) "Climbing Mount Improbable" (R. Dawkins) "Darwin's Dreampond: Drama in Lake Victoria" (T. Goldschmidt)	"Del Big-bang a Adán y Eva" (C. Hallet).	Reforma educacional de Eduardo Frei Ruiz Tagle. En enero se aprueban los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos para la enseñanza básica y se inician los estudios para el cambio curricular en el nivel medio. Chile y Canadá firman un acuerdo de libre comercio.
1997	"Patterns and Processes of Vertebrate Evolution" (R. L. Carroll ) "Cells, Embryos, and Evolution: Towards a Cellular and Developmental Understanding of Phenotypic Variation and Evolutionary Adaptability" (J. Gerhart y M. Kirschner) "Metaphysics and the Origin of Species" (M. T. Ghiselin) Creación de la especie <i>Homo antecessor</i> para los fósiles de Atapuerca (Bermúdez de Castro y cols, <i>Science</i> 276:1392)	"Teoría moderna de la Evolución con un análisis del determinismo estructural de <i>H. Maturana</i> " (G. Manríquez y F. Rothhammer). "El abate Molina, un precursor de Darwin" (H. Sandoval). "Tres hombres a bordo del Beagle" (R. L. Marks).	Manifestaciones de estudiantes universitarios exigen mayor apoyo estatal a las Universidades. Augusto Pinochet se despide del ejército, del cual era comandante desde días antes del golpe militar de 1973. El presidente de Chile realiza los nombramientos de todos los comandantes en jefes de las fuerzas armadas, normalizándose las relaciones cívico-militares. Se realiza en Chile la reunión cumbre de la Apec, organismo de cooperación económica del Asia-Pacífico.
1998	"The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology" (E. Mayr y W. B. Provine, editores) "Taking Wing: Archaeopteryx and the Evolution of Bird Flight" (P. Shipman) "Darwinism Comes to America" (R. L. Numbers)	" <b>Biología IV año medio</b> " (N. Glavic y G. Ferrada). "Fundamentos de biología: cursos electivos" (H. Varas y S. Nuñez). "Evolución biológica: síntesis histórica y evidencias" (V. Jerez).	Manifestaciones para protestar por la incorporación de Augusto Pinochet al Senado como senador vitalicio. Detención de Augusto Pinochet en Londres. El gobierno llama a consulta a su embajador en España como protesta ante la decisión del Consejo de Ministros de solicitar se extradición desde Inglaterra para que sea juzgado en territorio español.
2000	<i>Promiscuity: An Evolutionary History of Sperm Competition and Sexual Conflict</i> (T. Birkhead) "Origins of Life" (F. Dyson) "Environmental Evolution: Effects of the Origin and Evolution of Life on Planet Earth" (L. Margulis, C. Matthews y Aaron Haselton, editores) Hallazgo del Hombre de	"Estudio y Comprensión de la Naturaleza" (Castillo y colaboradores). "Propuesta de perfeccionamiento fundamental. 3° medio Biología" (M. Aylwin)	Cinco altos jefes militares son procesados por estar implicados en la "caravana de la muerte" durante la dictadura de Pinochet. Asume la Presidencia de la República el socialista Ricardo Lagos Escobar.



	Georgia”, ( <i>Homo georgicus</i> ).		
2001	Publicación del hallazgo de <i>Orrorin tugenensis</i> , primer homínido de hace 6 millones de años (B. Senut y cols., <i>C. R. Académie des Ciencias de Paris, Sciences de la Terre et des planetes</i> 332:137) Nuevo género de homínidos, <i>Kenyanthropus</i> (M. Leakey y cols, <i>Nature</i> 410:433)	“Evolución ... el nuevo paradigma” (Fisher Abeliuk). “ <b>Biología. Educación Media III</b> ” (Flores, Hidalgo y Varela). “ <b>Naturaleza. Enseñanza Básica 8</b> ” (U. Hidalgo y D. Mora). “ <i>Pruebas de Conocimientos Específicos</i> ” (Universidades Chilenas).	Un juez concede libertad bajo fianza a Pinochet, procesado por muerte y desaparición de 75 opositores durante su dictadura.
2002	“ <i>The Structure of Evolutionary Theory</i> ” (S. J. Gould) Exposición de la evolución modular (“ <i>Deconstruyendo a Darwin</i> ”, J. Sampedro) Hallazgo de <i>Sahelanthropus tchadensis</i> .		
2003		“ <i>La unidad bioquímica del hombre</i> ” (Sapag-Hagar). <b>Estudio y comprensión de la Naturaleza. 8° Básico</b> (Montserrat, J.L., A. Contreras y E. Méndez).	
2004	“ <i>The trial of John T. Scopes: a primary source account</i> ” (S. P. Olson).		

**Cuadro 9. Cronología 2: Evolucionismo en España y Latinoamérica, desde la publicación de “El Origen de las especies hasta 1900.**

	<b>EVOLUCIONISMO EN ESPAÑA</b>	<b>EVOLUCIONISMO EN CENTROAMÉRICA</b>	<b>EVOLUCIONISMO EN SUDAMÉRICA (EXCLUIDO CHILE)</b>	<b>CHILE:EVOLUCIONISMO Y TEXTOS DE ESTUDIO MENCIONADOS</b>
1859	“Discurso leído en la solemne inauguración del curso académico de 1859 a 1860 en la Universidad de Santiago” (José Planellas Giralt), se refiere a la ley de progreso indefinido, con una posición antievolucionista.			
1860	“Estabilidad de las especies en el Reino Vegetal” (Miguel Colmeiro, discurso de recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid), antievolucionista.			
1861		Cuba: debate sobre la unidad de la especie humana en el Liceo de Guanabacoa. El médico Ramón Zambrana ataca a las ideas evolucionistas.		
1862			Argentina: En “ <i>El génesis de nuestra raza</i> ”, publicado en “ <i>La Tribuna</i> ”, José Manuel Estrada ataca al Dr. Gustavo Minelli, defiende las tesis diluvianistas y critica a Hutton y Lyell.	
1863	La revista “ <i>El Museo Universal</i> ” publica una sátira sobre la “escala de las transformaciones” relativa al origen de ciertas especies animales (núm 20, 17-V; 22, 31-V; 24, 14-VI; 26, 28-VI).			
1864	“ <i>La generación espontánea</i> ”, Ignacio Oliver de Brichfeus (“ <i>El Museo Universal</i> ”, VIII/6, 7-II).	Cuba: Publicación del discurso de Ramón Zambrana de 186, con una ardiente defensa del creacionismo y ataques contra Maillet y Lamarck.		
1865				

1866	<p>Juan Vilanova y Piera comienza a dar un curso sobre el Origen y antigüedad del hombre en el Ateneo de Madrid, que desarrolló durante 15 años.</p> <p>Francisco Flores Arenas discute acerca de si el hombre es de naturaleza superior a los demás animales (<i>Discurso leído el día 1 de octubre de 1866 en la solemne apertura del curso de la Universidad Literaria de Sevilla</i>)</p>			<p><i>“Elementos de Historia Natural”</i> (R. A. Philippi)</p>
1867	<p>José de Letamendi da una serie de conferencias (<i>“Discurso sobre la naturaleza y el origen del hombre”</i>) en el Ateneo Catalán, oponiéndose a Lamarck y Darwin.</p> <p>José Monlau Sala publica el primer tomo de <i>Compendio de Historia Natural</i>, adhiriendo al evolucionismo.</p>	<p>Cuba: El químico y agrónomo cubano Álvaro Reynoso se refiere a <i>El origen de las especies</i> y las controversias que ha despertado (<i>“Apuntes acerca de varios cultivos cubanos”</i>).</p>		
1868	<p><i>“La Tierra y los seres que la habitan”</i> (Antonio María Fabié, <i>Revista de España</i>). P. Sala y Villaret, <i>“Materia, forma y fuerza”</i>.</p>	<p>Cuba: Introducción del darwinismo. Primera discusión pública de <i>El origen de las especies</i>, en la Academia de Ciencias de La Habana.</p> <p>Cuba: Francisco de Frías y Jacott, conde de Pozos Dulces, pronuncia el discurso <i>“Sobre la variabilidad de las especies en plantas y animales”</i> para ingresar a la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, oponiéndose a las ideas de Darwin.</p>		
1869	<p>Juan Vilanova y Piera publica <i>“Origen y antigüedad del hombre”</i> (<i>Boletín-Revista de la U. De Madrid</i>, págs. 233-247, 449-462, 641-</p>	<p>Cuba: Felipe Poey pronuncia una serie de conferencias en la Academia de Ciencias de La Habana sobre <i>“La noción de especie”</i>, que no</p>		

	663), criticando a Darwin desde la paleontología.	fueron publicadas, en las que afirma que la evolución es posible.		
1870	<p>“La creación” (Luis Aner, <i>La Justicia Social</i>).</p> <p>Curso de J. Vilanova y Piera sobre Geología en el Ateneo de Madrid.</p> <p><i>Del materialismo y positivismo contemporáneos</i>”, discurso de Patricio de Azcárate en el Liceo de la Soc. Económica de Amigos del país de León.</p> <p>“<i>Estudios de Filosofía natural</i>”. <i>Total organización de la materia</i>”, de Salvador Calderón.</p> <p>“<i>Paralelo anatómico entre el hombre y el mono, de P. Broca</i>” (M. Núñez de Prado, <i>La Justicia Social</i>).</p>	<p>Cuba: Se discute acerca del origen del ser humano, al leerse en la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana la memoria antievolucionista del médico español José Latamendi Manjarrés “<i>¿Qué puede afirmar hoy la ciencia acerca de la naturaleza y el origen del hombre?</i>”.</p>	<p>Argentina: En la 8ª edición de “<i>Historia de la Creación</i>” (publicada en francés) se opone al evolucionismo y menciona la obra de Darwin.</p>	
1871	<p>“<i>La Ilustración española y americana</i>” (Emilio Huelin), se refiere a la relevancia del darwinismo y critica a Haeckel, Vogt y Büchner.</p> <p>“<i>Cuestiones prehistóricas</i>” y “<i>Apuntes sobre la teoría de Darwin</i>”, <i>Rev. Mensual Filos. Literat y Ciencias</i>, Sevilla (A. Machado y Núñez).</p>		<p>Bolivia: El Obispo Miguel de los Santos Taborga escribe contra el evolucionismo (<i>El Cruzado</i>, II(8):46-48; III(72):524; IV(68):626-628).</p>	<p>“<i>Elementos de Jeografía Física</i>” (D. Barros Arana)</p>
1872	<p>“<i>Sobre la creación del mundo orgánico según los naturalistas ingleses y alemanes de la nueva escuela</i>”. En el Instituto de Granada, Rafael García Álvarez se pronuncia a favor del darwinismo en discurso inaugural del curso 1872-1873, condenado por el obispo e incluido en el índice de libros prohibidos.</p>			

	<p>Augusto González de Linares expone la evolución en la Universidad de Santiago de Compostela, provocando protestas y aplausos.</p> <p>Emilio Huelin publica un artículo de revisión sobre el darwinismo, condenándolo como una “ficción quimérica, arbitraria y gratuita” (“<i>Los brutos, supuestos engendrados del hombre</i>”, <i>Revista de España</i> 25, pág. 5).</p> <p>Antonio Cánovas del Castillo pronuncia una conferencia contra la ética darwinista en el <i>Ateneo</i> de Madrid.</p> <p>Poema antievolucionista “<i>A Darwin</i>” de Gaspar Nuñez de Arce, en “<i>Gritos del Combate</i>”.</p> <p>“<i>Apuntes sobre la teoría de Darwin</i>” (<i>Rev. Mens. Filos., Literat. Cienc.</i> 3, pág. 461), a favor de Darwin.</p> <p>Juan Vilanova y Piera publica un tratado sobre <i>Origen, naturaleza y antigüedad del hombre</i> y dirige una <i>Historia Natural</i>, donde expone sobre el darwinismo.</p>			
1873	<p>Antonio Machado y Núñez apoya a las ideas darwinistas en un artículo (“<i>Darwinismo</i>”, <i>Rev. Mensual Filos. Liter. Cienc.</i> 4, pág. 523) y pronuncia un discurso en su favor en la inauguración del curso 1873-1874 de la U. De Sevilla.</p> <p>Joseph Joaquim Landerer plantea críticas al darwinismo en “<i>Explicación del cuadro sinóptico de</i></p>			

	<p><i>los tiempos primitivos</i>”, <i>Anales Soc. Española Hist. Nat. II</i>, pág. 341-378.</p> <p>Enrique Serrano Fatigati acepta el transformismo y la generación espontánea (“<i>El progreso de la materia</i>”, <i>Rev. Universidad Madrid II</i>, pág. 83).</p> <p>En Salamanca, Lucas García Martín ataca al darvinismo en la apertura del curso 1873 a 1874.</p>			
1874	<p>“<i>Darwin y Haeckel</i>” (<i>Revista de Antropología</i> 1, pág. 238, Francisco Tubino).</p> <p>Francisco Tubino propone a Ernst Haeckel como socio honorario de la Sociedad Antropológica Española.</p> <p>Serie de artículos de Antonio Machado y Núñez en apoyo a las ideas de Haeckel (“<i>Leyes del desenvolvimiento de los grupos orgánicos y de los individuos: Filogenia y ontogenia</i>”, <i>Rev. Mensual Filos. Liter. Cienc.</i> 6, págs. 145, 193, 241, 289, 337).</p> <p>Se publica la versión en español de “<i>Historia natural del hombre</i>”, libro antievolucionista de Quatrefagues.</p> <p>Josep Joaquim Landerer critica al evolucionismo (<i>Anales Soc. Española Hist. Nat. III</i>, 345-373).</p> <p>El paleontólogo Juan Vilanova critica al evolucionismo refiriéndose al discutible <i>Eozoon</i> (“<i>La estructura de las rocas serpentínicas y el Eozoon</i>”</p>	<p>Cuba: Camilo F. Cuyás publica una obra cosmológica creacionista antievolucionista, “<i>Unidad del Universo</i>”.</p>	<p>Brasil: el médico Augusto Cezar de Miranda Azevedo habla acerca del darvinismo en la defensa de su Tesis Doctoral, en la Facultad de Medicina.</p> <p>Perú: El inmigrante italiano Antonio Raimondi menciona a Charles Darwin y se refiere a las polémicas que ha suscitado, sin tomar posición (“<i>El Perú</i>”, Lima).</p>	

	<p><i>Canadense</i>”, <i>Anales Soc. Española Hist. Nat. III</i>, pág. 261-266; “<i>El darwinismo ante la Paleontología</i>”, <i>Revista Universidad de Madrid 3</i>, pág. 383-403).</p> <p>Enrique Serrano Fatigati hace planteamientos evolucionistas relacionados con el progreso (<i>Rev. U. Madrid. II</i>, pág. 83).</p>			
1875	<p>Crisis universitaria tras la Restauración, la mayor parte de los darwinistas que habían ganado cátedras, las perdieron.</p> <p>“<i>Haeckel juzgado por Hartmann</i>” (<i>Revista Contemporánea 1</i>, pág. 358, José de Perojo).</p> <p>El paleontólogo Juan Vilanova expone ideas antievolucionistas en “<i>El Protritron petrolei de Gaudry y la teoría evolucionista</i>” (<i>Actas Soc. Española Hist. Nat. IV</i>, pág. 83-88).</p> <p>En “<i>El hombre terciario y la hipótesis del poligenismo</i>”, Antonio García Maceira rechaza ambos conceptos.</p> <p>Francisco María Tubino y Tada y Delgado defiende al evolucionismo en “<i>La crisis del pensamiento nacional y el positivismo en el Ateneo</i>”.</p>	<p>México: primeras citas de la teoría de Charles Darwin, por Justo Sierra (<i>El Federalista, México, 2 abril; El Federalista, 10 noviembre</i>).</p> <p>Cuba: discurso evolucionista del botánico Francisco A. Sauvalle Chaucaume titulado “<i>La continuidad de la naturaleza y la descendencia del hombre</i>” en la Academia de Ciencias de La Habana.</p>	<p>Brasil: En las Conferencias Populares de Gloria, habla el médico Augusto Cezar de Miranda Azevedo a favor del evolucionismo.</p> <p>Brasil: El Emperador Pedro II, antievolucionista, envía materiales para su estudio a Virchow y Quatrefages.</p> <p>Argentina: “<i>Dos Partidos en Lucha</i>”, novela evolucionista de Eduardo L. Holmberg, quien se declara darwinista.</p> <p>Uruguay: Primera mención de Darwin en Uruguay, por parte de L. Figuer, en “<i>El hombre primitivo</i>” (<i>La Voz de la Juventud 2</i>).</p>	
1876	<p>Traducción al castellano de “<i>El origen del Hombre</i>” de Charles Darwin (Llop, Barcelona).</p> <p>Emilio Reus y Bahamonde expone argumentos científicos y teológicos a favor del darwinismo, para luego refutarlos (“<i>Filosofía de la creación</i>”).</p>	<p>México: Francisco Patiño considera que las plantas carnívoras serían intermedias entre vegetales y animales, por lo tanto un apoyo al evolucionismo (“<i>Las plantas carnívoras</i>”, <i>Gaceta Médica de México 11(24):474-479</i>).</p>	<p>Brasil: Fritz Müller, famoso biólogo prodarwinista, es contratado por el Museo Nacional como viajero naturalista, y publica un artículo sobre plantas trepadoras (<i>Archivos do Museu Nacional, 1876:27-30; 133-144</i>) con orientación evolucionista.</p> <p>Brasil: Los antropólogos</p>	

<p>José del Perojo funda la “<i>Revista Contemporánea</i>”, principal difusión del evolucionismo en España.</p> <p>Manuel de la Revilla critica a las publicaciones antievolucionistas de Juan Vilanova (<i>Revista Contemporánea</i> 1:128; 3:383-384) y de Emilio Reus (<i>Revista Contemporánea</i> 2:508-511). Juan Vilanova realiza nuevas publicaciones antievolucionistas (<i>Revista Europea</i> 7:356-358; 8:219-223; <i>Actas Soc. Española Hist. Nat.</i> V, pág. 50-64).</p> <p>“<i>La teoría de la evolución aplicada a la historia</i>” (<i>Revista Contemporánea</i> 4, pág. 447, Pedro Estasen).</p> <p>El anatomista Peregrín Casanova comienza relación epistolar con E. Haeckel, y le pide consejos para orientar sus cursos e integrar las teorías evolucionistas.</p> <p>La <i>Revista Europea</i> comienza la publicación de artículos de E. Haeckel. “<i>Haeckel</i>” (<i>Revista Europea</i> 7, pág. 7, Eduard Hartmann).</p> <p>El escritor Alejandro Oliván escribe contra el darwinismo y contra Haeckel (“<i>De locuciones viciosas y de la filosofía flamante</i>”, Madrid).</p> <p>Gregorio Chil y Naranjo describe la transformación de simios en humanos en la introducción de la historia natural de Islas Canarias. El arzobispo José María</p>		<p>antievolucionistas, Joao Batista de Lacerda y Rodríguez Peixoto publican un estudio sobre restos humanos con ideas de centros de creación e hibridación (<i>Archivos do Museu Nacional</i> I).</p> <p>Brasil: Ladislau de Sousa Mello Netto escribe sobre evolución en vegetales, sin ser darwinista (<i>Estudos sobre a evolucao morfológica dos caules sarmentosos</i>”, <i>Archivos do Museu Nacional</i> I(1876) 27-30, 133-144).</p> <p>El mismo investigador critica en sus clases el trabajo sobre plantas insectívoras de Darwin y Hooker.</p> <p>Brasil: Joao Joaquim Pizarro publica una nota que dedica a Darwin, Haeckel y Martins (<i>Archivos do Museu Nacional</i> V. I (1876):31-35).</p> <p>Brasil: en las Conferencias Populares de Gloria, Feliciano Pinheiro de Bittencourt habla contra el evolucionismo, Antonio Felício dos Santos habla acerca del origen evolutivo del ser humano, y Augusto Cezar de Miranda Azevedo defendió al darwinismo.</p> <p>Argentina: El Ministerio de Instrucción Pública presiona a la directora de la Escuela de Maestras N° 1 de Buenos Aires para que exonere a Eduardo Holmberg, por la enseñanza de “doctrinas subversivas”.</p> <p>Alfred Ebélot escribe que uno de los caracteres de la ciencia moderna es el de referir todo a las leyes de una evolución ascendente (“<i>Revue des Deux Mondes</i>, 1 de mayo).</p> <p>Uruguay: Mención a Charles Darwin en <i>La Legislación Escolar</i>, de José Pedro Varela.</p>	
---	--	---	--



	<p>de Urquinaona y Bidot condena a la obra. Rafael Lorenzo y García critica las ideas darvinistas (“<i>Estudios filosóficos sobre la especificación de los seres</i>”).</p> <p>El marqués de la Ribera apoya las teorías evolutivas relativas al <i>Eozoon</i> (“<i>El Eozoon canadense</i>”, <i>Anales Soc. Española Hist. Nat. V, pág. 27-43</i>).</p> <p>Salvador Calderón publica “<i>Enumeración de los vertebrados fósiles de España</i>” (<i>Anales Soc. Española Hist. Nat. V, pág. 413-443</i>), manifestando posiciones evolucionistas.</p> <p>Catedráticos evolucionistas fundan en Madrid la Institución Libre de Enseñanza.</p>		<p>Uruguay: Debate entre Carlos María Ramírez y José Pedro Varela.</p>	
1877	<p>Traducción al castellano de “<i>El origen de las Especies</i>” de Charles Darwin.</p> <p>Peregrín Casanova publica un libro que sigue las ideas haeckelianas.</p> <p>Conferencias de Francisco Prieto y Caules sobre “<i>Influencia del transformismo en la Geología</i>” en la Institución Libre de Enseñanza de Madrid (<i>Boletín ILE I, pág. 14</i>).</p> <p>Nicolás Ferrer y Julve, ataca al darwinismo en la Universidad Literaria de Valencia, en el discurso de apertura del curso académico 1877 a 1878.</p> <p>Augusto González de Linares da un curso sobre la morfología de Haeckel en la</p>	<p>México: Pedro Noriega expone la teoría de Darwin en la Sociedad Metodófila Gabino Barreda (“<i>Consideraciones sobre la teoría de Darwin</i>”, <i>An. Soc. Metodófila Gabino Barreda</i> 1877, pág. 97-100). Gabino Barreda se opone al darwinismo y Porfirio Parra lo refuta (<i>An. Soc. Metodófila Gabino Barreda</i> 1877, págs. 101, 111).</p> <p>México: Manuel Ramos manifiesta que en la sociología se descuidan las leyes de la evolución (<i>An. Soc. Metodófila Gabino Barreda</i> 1877, pág. 272).</p> <p>México: “<i>El Origen de los individuos. La construcción del Organismo por las condiciones internas</i>”, texto evolucionista de</p>	<p>Brasil: Fritz Müller publica en <i>Archivos do Museu Nacional, vol. II</i>, varios artículos evolucionistas.</p> <p>Argentina: El escritor Miguel Cané comenta la obra de Holmberg y repudia indignado las nuevas teorías. La Sociedad Científica Argentina nombra socio honorario a Charles Darwin.</p> <p>Uruguay: Polémica entre los catedráticos evolucionistas de la Facultad de Medicina, Julio Jurkowski y Francisco Suñer Capdevilla con Carlos Ramírez.</p>	<p>“<i>El hombre antes de la historia</i>” (V. Letelier)</p> <p>“<i>La Personalité</i>” (J. Abásolo)</p>

	<p>Institución Libre de Enseñanza de Madrid. “<i>La ciencia del hombre según las más recientes e importantes publicaciones</i>” (Revista <i>Contemporánea</i> 11, pág. 40).</p> <p>“<i>La Antropogenia de Haeckel</i>” (Revista <i>Contemporánea</i> 9, pág. 178, Jules Saury). Francisco Tubino comenta la pobre acogida del darwinismo en España. Emilia Pardo Bazán escribe una influyente crítica del evolucionismo (“<i>Ciencia Cristiana</i>” 4:289-298).</p> <p>“<i>Cartas sobre el estado de la civilización presente</i>” publicadas por <i>La Crónica</i> bajo el seudónimo de N, relaciona la evolución con la idea filosófica del devenir histórico.</p>	<p>A. L. Herrera (<i>La Naturaleza</i>, 4:263-265).</p> <p>Cuba: “<i>La anthropogenia de Heckel y el transformismo unitario en Alemania</i>” (Julián Gassie, <i>Revista de Cuba</i>, II, pág. 256-263).</p> <p>Cuba: En la inauguración del año académico 1877-78, el Dr. Serafín Gallardo y Alcalde acusa de materialistas a Lamarck, Haeckel, Darwin y Spencer.</p>		
1878	<p>La “<i>Gaceta Oficial</i>” publica un Decreto (23 de enero), considerado por algunos como apoyo oficial al evolucionismo. Edición en español de “<i>Historia de la Creación natural o doctrina científica de la evolución</i>”.</p> <p>“<i>La Creación, según Haeckel</i>” (Revista <i>Contemporánea</i> 17, pág. 148, P. Estasen).</p> <p>“<i>La morfología de Haeckel</i>” (Revista <i>Europea</i> 11, pág. 32; Augusto González de Linares).</p> <p>Gerónimo Macho Velado, profesor de Historia Natural de la U. De Santiago, rechaza al darwinismo (<i>Anales Soc. Esp. Hist. Nat.</i> 7, pág. 235-248). Estanislau Vayreda</p>	<p>México: En el artículo “<i>Origen teratológico de las variedades, razas y especies</i>” (<i>La Naturaleza</i>, 4, pág. 235-247), José Ramírez acepta la evolución, mezcla conceptos lamarquistas y darwinistas.</p> <p>México: Se publica en un periódico un artículo jocoso en el que los gorilas reclaman el poder mundial basándose en el reconocimiento de su origen de parte de los hombres (Javier Aubuet, “<i>El porvenir de los gorilas</i>”, <i>La Libertad</i>, I:2; 1-2, 6 enero).</p> <p>México: Confrontación entre el periódico <i>La Voz de México</i>, que publica</p>	<p>Brasil: Fritz Müller publica en <i>Archivos do Museu Nacional</i>, vol. III, varios artículos evolucionistas, entre ellos uno sobre órganos odoríferos de los vegetales (pág. 41-50).</p> <p>Brasil: Ladislau de Sousa Mello Netto escribe el programa de sus cursos de botánica apareciendo como evolucionista cercano a Haeckel.</p> <p>Brasil: En la Exposición de Antropología de París se le conceden medallas a dos antropólogos brasileños antievolucionistas, Joao Batista de Lacerda y Rodríguez Peixoto.</p> <p>Argentina: La Academia Nacional de Ciencias, con sede en Córdoba, concede el título de miembro honorario a Charles Darwin.</p>	<p>“<i>Bocetos filosóficos y literarios</i>” (J. E. Lagarrigue)</p>

<p>rechaza al evolucionismo (<i>An. Soc. Esp. Hist. Nat.</i>, IX:53-130). En Valencia, se produce un debate sobre el evolucionismo en el Ateneo Científico, con exposiciones de Joaquín Serrano Cañete, Amalio Gimeno, Celso Arévalo y José María Escuder. José Roca y Ponsa ataca al darwinismo acusándolo de anticientífico, anticristiano y contrario a la dignidad humana (<i>"El Licenciado Lorenzo y García ante la fe y la razón"</i>). Zeferino González rechaza a la evolución por razones filosóficas pero admite que un católico puede ser partidario de esta doctrina, excluyendo al ser humano (<i>"Historia de la Filosofía"</i>). Rafael Martínez Molina concilia darwinismo y cristianismo en el Discurso de inauguración del año académico en la Universidad Central de Madrid. Federico Benjumeda y Fernández critica al evolucionismo en el acto de apertura del curso académico 1878 a 1879 de la Universidad de Sevilla. Jaime Almera y Comas publica "La genealogía del hombre según Haeckel y la placenta de los lemúridos" (<i>Crónica Científica</i>, págs. 342-345), criticando al evolucionismo.</p>	<p>artículos antidarvinistas (por ejemplo, IX(17):3, 20 enero; IX(21):1-2, 25 enero), y <i>La Libertad</i>, que los rebaten tildándolos de retrógrados e ignorantes (I(18):3, 25 enero, I(20):20-21, 27 de enero, por ejemplo). Cuba: Se reproduce el discurso de E. Haeckel "La teoría de la evolución en sus relaciones con la filosofía natural", con nota introductoria ("La evolución, explicada por Haeckel", <i>La Revista de Cuba</i> Tomo III, pág. 52-64). Cuba: "Haeckel y el origen del hombre" (<i>Revista de Cuba</i> 4, pág. 295-301, E. Fernández Veciana). Cuba: "Las plantas carnívoras" (<i>Revista de Cuba</i> 4, pág. 232, E. Borrero Echeverría), resumen del trabajo evolutivo de Joseph Hooker sobre el tema. Cuba: La <i>Revista de Cuba</i> organiza veladas que incluyen conferencias sobre evolución. Cuba: Julián Gassie presenta un extenso trabajo sobre la antigüedad del hombre en la Sociedad Antropológica de La Habana. Cuba: Luis Montané critica el "Reino Hominal" del antievolucionista Quatrefages (<i>Bol. Soc. Antropol. Isla de Cuba</i> 1 (8-9):6). Cuba: E. J. Varona escribe acerca de la evolución de la moral ("La moral en la evolución", <i>Revista de Cuba</i> 4:29-36).</p>	<p>Uruguay: "Los encadenamientos del mundo animal según la obra recientemente publicada por H. Gaudry" (<i>Bol. Soc. Cienc. Artes</i> 2, pág. 364-369, 388-391, E.O.). Uruguay: Conversión al darwinismo de Gonzalo Ramírez, catedrático de derecho penal. Uruguay: Polémica entre Mariano Soler, que defendió la postura católica, y Manuel B. Otero, positivista-darvinista (<i>"El Génesis y la geología"</i>, M. Soler, Montevideo).</p>	
---	--	--	--

1879	<p>Joaquín Sánchez de Toca ataca los conceptos darvinistas del desarrollo de las facultades morales y la aplicación social de la selección sexual (“<i>La doctrina de la evolución de las modernas escuelas científicas</i>”, <i>Revista Contemporánea</i> 21 pág. 273).</p> <p>Conferencias antidarvinistas de Francisco de Paula Benessat en la <i>Associació Catalana d’Excursions</i>, Barcelona.</p> <p>Eduardo Boscá Casanoves inicia la publicación de trabajos zoológicos en los que se identifica con el darvinismo (<i>Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.</i> 8, pág. 65; 9, pág. 495).</p> <p>Emilio Reus y Bahamonde publica “<i>La Biología. Estudio crítico</i>”, buscando compatibilizar darvinismo y cristianismo.</p> <p>La revista “<i>El sentido católico de las ciencias médicas</i>” inicia una serie de artículos antievolucionistas.</p>	<p>México: Ramón López y Muñoz publica un estudio resumiendo las tesis de Haeckel (“<i>Generación. Causa y condiciones de la sexualidad. Ovogénesis y embriología</i>”, <i>Gaceta Médica de México XIV(7):121-128</i>).</p> <p>Cuba: En el Liceo de Guanabacoa se promueve una discusión sobre darvinismo y origen del hombre. Discuten el evolucionista José A. Cortina y el creacionista Antonio Vinageras.</p> <p>Cuba: Antonio Mestre habla sobre “<i>El origen natural del hombre</i>” (<i>Revista de Cuba</i> 5:419-433; 508-528), señala que la teoría de Darwin es plausible.</p> <p>Enrique J. Varona sobre “<i>La evolución psicológica</i>” (<i>Revista de Cuba</i> 6:5) y José F. Arango se opone al darvinismo en “<i>Origen natural del hombre</i>” (<i>Revista de Cuba</i> 6, pág. 134-150).</p> <p>Después del debate 70 damas salen en defensa de las costumbres y la fe y el periódico <i>La Voz de Cuba</i> escribe contra los propagadores del darvinismo.</p> <p>Cuba: S.M, ataca al evolucionismo en la <i>Revista Católica</i>, 1(22):528-531.</p> <p>Cuba: José R. Montalvo presenta el problema del “hombre terciario” en la <i>Sociedad Antropológica de Cuba</i> (<i>Revista de Cuba</i> 6, pág. 486).</p>	<p>Brasil: Fritz Müller publica en <i>Archivos do Museu Nacional</i>, vol. IV, varios artículos evolucionistas.</p> <p>Uruguay: Se publica la traducción de un texto del darvinista Alfred Giard para uso de los alumnos de zoología en el Ateneo (<i>Un capítulo sobre los principios generales de la biología</i>”).</p>	<p>“<i>La substancia inmortal del organismo humano</i>” (J. J. Bruner)</p>
1880	<p>“<i>Tratado elemental de fisiología general</i>”, de Balbino Quesada, presenta un punto de</p>	<p>México: Ramón López y Muñoz escribe “<i>La ley del hábito en biología y sus</i></p>	<p>Argentina: José Manuel Estrada pronuncia un discurso en el Club Católico sobre “<i>El</i></p>	

	<p>vista evolucionista. En Granada, Miguel Rabanillo Torres inaugura el curso universitario afirmando la similitud de las emociones humanas con las de los animales, condenado por Arturo Perales (<i>El Sentido Católico en las Ciencias Médicas</i> 7, pág. 17). Fructuoso Plans y Pujol pronuncia discurso inaugural del curso 1880-1881 en Barcelona, antievolucionista. Luis Pérez Mínguez publica "<i>Refutación a los principios fundamentales del libro intitulado Origen de las Especies de Carlos Darwin</i>". Debate sobre el darwinismo en el Círculo Nacional de la Juventud, en el que participa Blas Lázaro Ibiza. Pompeyo Gener y Balbot escribe a favor del origen evolutivo del hombre (comentario a la Antropología a <i>La Creación. Historia Natural</i> de Brehm).</p>	<p><i>plicaciones en patología, terapéutica e higiene</i>", <i>Gaceta Médica de México</i> XV(15):333-345), con ideas evolucionistas. Cuba: "<i>La adaptación</i>" (Revista de Cuba 8, pág. 289, José Varela Zequeira). "<i>Breve exposición del darwinismo</i>", (<i>El Club de Matanzas</i>, 2(12), pág. 90, Carlos de la Torre), apoya al darwinismo. Cuba: Francisco de Frías y Jacott escribe acerca del "Origen de las Especies" de Darwin, impugnándolo (<i>Revista de Cuba</i>, 8:213-220). Se publica la novela "<i>Francisco</i>", escrita en 1838-39 por Anselmo Suárez Romero, en la que se afirma que los negros descienden de los monos.</p>	<p><i>naturalismo y la educación</i>", atacando violentamente al darwinismo. Uruguay: Mariano Soler publica un folleto atacando al darwinismo ("<i>El darwinismo ante la filosofía de la naturaleza</i>", Montevideo).</p>	
1881	<p>El prehistoriador Manuel Sales y Ferré plantea el desarrollo de las civilizaciones mediante la lucha por la existencia ("<i>El hombre primitivo y las tradiciones orientales</i>"). Fuerte ataque anónimo contra el darwinismo en el periodico "<i>El Globo</i>" (<i>Darwin y el darwinismo</i>", 7, núm. 2154, 12 de sept., pág. 1). Se discute el darwinismo en la Sociedad de Amigos del País de la Isla de La Palma (Antonio</p>		<p>Brasil: El francés Emmanuel Liais, por orden del Emperador de Brasil, publica en Francia una síntesis de la Naturaleza de Brasil basándose en la evolución darwiniana (<i>L'Espace Céleste ou Description de l'Univers</i>", París). Uruguay: José Arechavaleta escribe "<i>¿La teoría de la evolución es una hipótesis?</i>", señalando que la mayoría miembros del Ateneo eran evolucionistas (<i>Anales del Ateneo del Uruguay</i> 1, pág. 121). Uruguay: "<i>Crítica de la moral evolucionista</i>", de</p>	

	<p>Rodríguez López, “<i>Consideraciones sobre el darwinismo</i>”). Debate sobre el darwinismo en el Cículo Nacional de la Juventud, Blas Lázaro Ibiza apoya al evolucionismo. Manuel Polo y Peyrolón publica el libro antievolucionista “<i>Supuesto parentesco entre el hombre y el mono</i>”. El jesuita Miguel Mir publica “<i>Harmonía entre la ciencia y la fé</i>”, rechazando al darwinismo pero manifestando que el evolucionismo no se contradice con el dogma cristiano. Estanislao Vayreda manifiesta opiniones antievolucionistas respecto a las plantas insectívoras (<i>Crónica Científica</i> IV, pag. 411).</p>		<p>Prudencio Vásquez y Vega (<i>Anales del Ateneo de Uruguay</i> 1, pág. 210-222). Uruguay: Reforma del programa del curso de filosofía con contenidos darwinistas, criticado por Prudencio Vásquez y Vega (“<i>Crítica de la moral evolucionista</i>”, <i>Anales del Ateneo del Uruguay</i>, 1:210-222).</p>	
1882	<p>Polémicas en torno al darwinismo social en el Ateneo de Madrid. Con motivo de la muerte de Ch. Darwin, se publican artículos que buscan la tolerancia entre evolucionismo y religión: “<i>Darwin y los canónigos de Londres</i>” (Estanislao Sánchez Calvo, <i>Revista de Asturias</i> 9:37); “<i>Darwin juzgado por un canónigo</i>” (G. De A., <i>Boletín de la Institución Libre de Enseñanza</i> VI, pág. 101). Urbano González Serrano acepta algunos principios darwinianos, pero no lo considera como única explicación válida (“<i>Preocupaciones sociales</i>”).</p>	<p>México: J. M. Velasco admite cambios adaptativos mínimos en las especies, pero rechaza que puedan llevar al origen de nuevas especies (<i>La Naturaleza</i> 5:58-84). México: En el Boletín de la Sociedad de Ingenieros de Jalisco se publican traducciones de un texto moderadamente antidarwinista (<i>El hombre fósil de Mentone</i>, de Teodoro Gill, 2(3):90-96), y otro prodarwinista (<i>La mayor edad del origen de las especies</i>, de T. H. Huxley, 2:9-19, 277-291). México: Alfredo Dugés publica “<i>Consideraciones sobre la clasificación natural del hombre y de los monos</i>” (<i>La</i></p>	<p>Venezuela: En ocasión del deceso de Charles Darwin, <i>La Opinión Nacional</i>, de Caracas, publica un artículo (“<i>Darwin ha muerto</i>”) del cubano José Martí. Argentina: homenaje casi oficial a Charles Darwin con motivo de su muerte, organizado por el Círculo Médico Argentino, con un discurso de D. F. Sarmiento y una conferencia de Eduardo L. Holmberg. Argentina: el brasileño Ladislau de Sousa Mello Netto da en la Sociedad Científica Argentina una conferencia a favor de la evolución (“<i>Observaciones sobre la Teoría de la Evolución</i>”, <i>Anales Sociedad Científica Argentina XIII: 149-158</i>”, Buenos Aires). Uruguay: Los ingenieros Carlos Honoré y Melitón</p>	

		<p><i>Naturaleza VI:280-283</i>), criticando la separación del hombre en un reino independiente.</p> <p>Cuba: José Martí escribe un extenso artículo sobre la muerte de Charles Darwin ("<i>Darwin ha muerto</i>", <i>La Opinión Nacional</i>, Caracas, Julio 1882).</p> <p>Cuba: Angel Hernández-Caro y Novillas, en su discurso de ingreso a la Academia, intenta una tercera posición, ajena a la evolución y a la doctrina de la singularidad humana (<i>Estudios Antropológicos, Anales Real Acad. Cienc. Med., Fís. Y Naturales de La Habana</i>, 19:357-417).</p>	<p>González organizan una velada en honor de Charles Darwin, fallecido el mes anterior. González abre la sesión con una charla en que describe la selección natural y supone que la humanidad surgió en América (<i>Boletín de la Sociedad Ciencias y Artes</i> 6, pág. 229-236).</p> <p>Uruguay: Juan Zorrilla publica una violenta necrología de Darwin en <i>El Bien Público</i>, 30 abril).</p> <p>Uruguay: En discurso inaugural Universidad de Montevideo, Martín C. Martínez, profesor de la Cátedra de Derecho Natural se refiere a la teoría evolutiva y su relación con el derecho ("<i>La teoría evolucionista en la propiedad territorial</i>").</p> <p>Uruguay: Eduardo Acevedo plantea la lucha por la existencia y la selección natural como mecanismo de evolución social (<i>El gobierno municipal</i>).</p> <p>Uruguay: José Arechavaleta afirma haber encontrado un organismo primitivo de tipo "Bathybius", que llama <i>Helobius oterii</i> (en <i>Anales del Ateneo del Uruguay</i> 3, pág. 41-46, 250-255).</p>	
1883	<p>Santiago Ramón y Cajal publica varios artículos de divulgación en revistas de Valencia y Zaragoza, con análisis evolucionistas.</p> <p>Odón de Buen se identifica con el darwinismo (<i>Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.</i> 12, pág. 421).</p> <p>Máximo Fuerte Acevedo defiende al evolucionismo en "<i>El darwinismo, sus adversarios y sus</i></p>	<p>Cuba: En su Tesis doctoral defendida en la Universidad Central de Madrid, Carlos de la Torre propugna el uso de criterios darwinistas en el análisis de la distribución geográfica de moluscos (publicada en <i>La Enciclopedia</i> 1885, vol 1:291-298, 477-481, 521-525, 623-629).</p>	<p>Uruguay: Mariano Soler se opone al darwinismo en "<i>Crítica del darwinismo bajo el aspecto de las ciencias experimentales y de la filosofía de la naturaleza</i>" (<i>Boletín de la Sociedad Ciencias y Artes</i> 7, pág. 428-431) y en "<i>Crónica. El darwinismo</i>" (<i>Boletín de la Sociedad Ciencias y Artes</i> 7, pág. 443).</p>	

	<i>defensores</i> ".			
1884	<p>En "<i>Cuadro paleoetnológico de la provincia de Gerona</i>", Pere Alsius se opone a la existencia de un eslabón entre simio y humano.</p> <p>"<i>Una idea sobre la renovación geológica de las faunas</i>", <i>Boletín Inst. Libre Enseñ. VIII:231-232</i>. (Salvador Calderón). Sardá y Salvany, antidarvinista, publica "<i>El liberalismo es pecado</i>".</p>	<p>México: Alfredo Dugés publica "<i>Elementos de Zoología</i>", analiza argumentos a favor y en contra del evolucionismo, sin manifestarse en forma definitiva.</p> <p>México: Vicente Riva Palacio aplica las teorías darvinistas al ser humano ("<i>Las Razas indígenas</i>", en <i>El virreinato en México a través de los siglos</i>).</p> <p>Cuba: José Planella Llanos propone un árbol genealógico para los vegetales en su recepción como catedrático de la Universidad (<i>La Enciclopedia</i>, 1885, vol. 1:36-40, 75-81).</p>	<p>Argentina: "<i>Filogenia</i>" de F. Ameghino desarrolla una visión original del proceso evolutivo.</p> <p>Debate en el Parlamento de la Ley 1420 sobre la modernidad educacional, enfrenta a posiciones evolucionistas y antievolucionistas.</p> <p>Uruguay: Antonio M. Rodríguez imparte la antropología desde una perspectiva evolucionista.</p> <p>Uruguay: Jorge Arias y Manuel Herrera presentan en la Universidad Mayor de la República, tesis antievolucionistas ("<i>Consideraciones acerca de la escuela de la evolución</i>" y "<i>La evolución en las ciencias jurídicas</i>", respectivamente)</p>	
1885		<p>Cuba: En "<i>La evolución y la Teología</i>" (nota editorial <i>Revista Cubana</i> 1, pág. 74-75), Enrique José Varona, critica los esfuerzos por conciliar la evolución con las ideas religiosas.</p> <p>Cuba: Comienza a publicarse la revista <i>El Eco de Cuba</i>, uno de cuyos propósitos es seguir el curso del darwinismo. En su primer número publica <i>El darwinismo</i> (1, pág.4-16, José María Céspedes).</p> <p>Cuba: Juan Vilaró afirma que es partidario de la evolución (<i>La Enciclopedia</i> 1885, vol. 1:82-86).</p> <p>Cuba: Carlos de la Torre se refiere al darwinismo en "<i>Bosquejo histórico de los progresos realizados por la filosofía natural en el presente siglo</i>", <i>La</i></p>	<p>Uruguay: El Dr. Alfredo Vásquez Acevedo, Rector de la Universidad Mayor de la República, afirma en un discurso que en Uruguay se ha aceptado la moderna teoría de la evolución antes que en las viejas naciones europeas.</p>	



		<p><i>Enciclopedia 1885, vol. 1:227-232.</i>  México:  descubrimiento de restos humanos que se consideraron prehistóricos y generaron un intenso debate acerca de su antigüedad.</p>		
1886	<p>“<i>La vida en las aguas. Las algas</i>” de Romualdo González Fragoso, destaca el papel de las algas en la evolución de los seres vivos e incluye un árbol filogenético. En la novela <i>Los Pazos de Ulloa</i>, de E. Pardo Bazán, se refiere a “<i>El Origen de las Especies</i>”.</p>	<p>Cuba: “<i>Ernesto Haeckel</i>” (<i>El Eco de Cuba</i>, 1, pág. 282-306, José María Céspedes). Recensión del libro de Darwin “<i>El Origen del Hombre</i>” (<i>Crónica Médico-Quirúrgica</i> 12, pág. 395-399, Eduardo F. Plá).  Cuba: Felipe Poey presenta una clasificación basada en la evolución (<i>Revista Enciclopédica</i> 1886, pág. 180).</p>	<p>Uruguay: Controversia sobre la enseñanza de la evolución y el positivismo en la Universidad, el debate llega al Congreso. La revista protestante <i>El evangelista</i> protesta por el evolucionismo en la Universidad (“<i>Descendemos del mono</i>”, <i>El Evangelista</i> 9:333).</p>	
1887	<p>En “<i>Fortunata y Jacinta</i>” (1886-1887), Benito Pérez Galdós comenta que entre 1864-1869, los estudiantes discutían sobre evolucionismo, Darwin y Haeckel</p>	<p>Cuba: “<i>El atavismo</i>” (<i>El Eco de Cuba</i> 2, pág. 185, José María Céspedes). Manuel Sanguily envía al diario <i>El País</i> una carta abierta sobre “<i>Las reformas políticas y el darwinismo</i>”.  En “<i>Los colores considerados en la serie zoológica</i>” (<i>Revista Cubana</i> 6, pág. 403-434), Aristides Mestre se refiere a la selección natural, selección sexual y mimetismo mülleriano, y el mismo autor escribe sobre los anfibios como grupo intermedio en la evolución de peces a reptiles (<i>Revista Enciclopédica</i> 1887, vol. 2, pág. 238)..</p>		
1888	<p>Se edita en Barcelona “<i>En busca del eslabón</i>”, novela del médico cubano Francisco Calcagno sobre el origen del hombre. Antonio García</p>	<p>México: En “<i>Los tres reinos de la Naturaleza</i>” (<i>Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate</i> 2:178-185), Julio Peimbert se refiere a la teoría de la selección y al origen</p>	<p>Brasil: “<i>A Carne</i>”, novela de Julio César Ribeiro (bajo el seudónimo de Vaughan) que desarrolla temas relativos a la evolución biológica.</p>	<p>“<i>Algo sobre el hombre</i>” (L. Arrieta Cañas)  “<i>El darwinismo</i>” (A. Liptay)</p>

	<p>Maceira, antievolucionista escribe “Una nueva teoría sobre la vida” (<i>Rev. Montes XII</i>, pág. 442).</p>	<p>común, de minerales, vegetales y animales. Cuba: La <i>Revista Cubana</i> publica un extenso artículo de Herber Spencer (8 pág. 339, 490; 9, pág. 48, 233, 340; 10, pág. 149, 257). En su discurso de recepción en la Universidad de La Habana, “<i>Los insectos y las plantas</i>”, Francisco Vidal y Careta plantea la coevolución, en términos lamarquistas. Cuba: el zoólogo Felipe Poey aclara que ha dejado de ser creacionista y admite las ideas evolucionistas tras su prolijo examen (en “<i>Obras literarias</i>”).</p>		
1889		<p>Cuba: Carlos de la Torre estudia la anatomía de un pez de agua dulce, el “manjuari”, indicando que la placa cranial se formó evolutivamente a partir de escamas (<i>Anales de la Real Acad. Cienc. Méd. Fís. Natur. La Habana</i> 1889, vol. 26:282-291), Felipe Poey concluye que es un residuo de la armadura de los placodermos fósiles (<i>Ibidem</i>, pág 291-293).</p>	<p>Argentina: “<i>Materialismo, Darwinismo, Positivismo. Diferencias y semejanzas</i>”, ensayo de Pedro Scalabrini en que alaba al darwinismo pero critica el concepto de lucha por la existencia.</p>	<p>Conferencias sobre evolucionismo en el Club del Progreso</p>
1890		<p>México: Nicolás León publica “<i>Anomalías y mutilaciones étnicas del sistema dentario entre los tarascos precolombianos</i>”, (<i>Anales Museo Michoacano</i> 3(1):168-173). México: primer artículo evolucionista de Alfonso H. Herrera. Cuba: La <i>Revista Cubana</i> publica una recensión de una obra sobre las concepciones filosóficas de Herbert Spencer (11, pág.</p>		

		<p>303). Cuba: En “<i>Los insectos y la selección natural de las plantas</i>” (<i>Anales Real Acad. Cienc. Méd. Fis. Nat. La Habana</i> 27, pág. 84-114,), José Ignacio Torralbas entrega una interpretación darvinista. Cuba: “<i>La Evolución como base de la clasificación zoológica</i>” (Tesis de Grado de Dr. en Ciencias, Francisco de Francisco y Díaz). Cuba: Juan Vilaró se refiere al “triumfo del evolucionismo” en el discurso de apertura del curso académico 1890-1891 en la U. de La Habana (<i>Memorias de la Universidad de La Habana</i>, pág. 541).</p>		
1891	<p>Zeferino González sugiere que el ser humano procede en parte de la evolución y en parte por acción directa de Dios (“<i>La Biblia y la Ciencia</i>”). Tomás Romero de Castilla manifiesta que la esencia humana, imagen de Dios, representa una barrera infranqueable respecto a los animales (“<i>La Coalición</i>” 2 marzo).</p>	<p>México: Alfonso L. Herrera escribe un artículo evolucionista refutando a Quatrefages (“<i>Nota relativa a las causas que producen atrofia de los pelos</i>”, <i>Anales Museo Nacional de México, 1ª ser., v, iv, pág. 216-224</i>). Cuba: Gastón Alonso Cuadrado publica “<i>La ley de la selección natural contra las creencias</i>” (<i>Revista Cubana Sept-Oct.</i>). Cuba: En la Soc. Antropológica, 1 de marzo, Calcagno plantea que se encontró el eslabón en la cadena evolutiva humana.</p>	<p>Brasil: El emperador Pedro II ratifica su posición antievolucionista en carta a Quatrefages. Uruguay: Carlos Berg da a conocer leyes de la evolución con clara orientación lamarquista (“<i>Elementos de Zoología</i>”, <i>Anales de la Universidad</i>, Montevideo, 1:220-252).</p>	
1892			<p>Brasil: Fritz Müller publica en <i>Archivos do Museu Nacional</i>, vol. VIII, varios artículos evolucionistas. Bolivia: Belisario Díaz Romero escribe un primer artículo darvinista en Bolivia (“<i>La teoría de</i></p>	

			<p><i>Darwin y su importancia científica en la actualidad</i>”).</p> <p>Uruguay: Domingo Ordoñana critica al darwinismo en relación a la ganadería (<i>“Pensamientos rurales sobre necesidades sociales y económicas de la República”</i>).</p>	
1893		<p>México: Alfonso L. Herrera se refiere a los medios defensivos y su origen evolutivo en animales (<i>“Medios de defensa en los animales”</i>, <i>Memorias Soc. Cient. Antonio Alzate</i>, v. Vi, pág. 251-297).</p>	<p>Uruguay: Mariano Soler, arzobispo de Montevideo ataca al darwinismo desde la filosofía (<i>“Viaje bíblico por Asiria y Caldea o excursión a Mesopotamia a través de los monumentos y ruinas asirio-caldeas en sus relaciones con los estudios bíblicos”</i>).</p>	<p><i>“Descendencia del hombre y darwinismo”</i> (A. F. Nogués)</p>
1894	<p>Pompeyo Gener y Babot defiende al evolucionismo y ataca al llamado “darwinismo social” (<i>“Literaturas malsanas”</i>)</p>	<p>Cuba: La <i>Revista Cubana</i> publica trabajos de George Romanes (<i>“Teoría de la descendencia, según Weismann”</i>, 19, pág. 102-120) y de Herbert Spencer (<i>“La insuficiencia de la selección natural”</i>, 19, pág. 200-243), precedidos por un comentario de Gastón Alonso Cuadrado (<i>“La ley de la selección natural en la lucha por la existencia”</i>, 19, pág. 37-48.)</p>	<p>Brasil: Artículo de Emilio Goeldi sobre el hoatzin y sus características reptilianas (<i>“A Cigana”</i>, <i>Bol. Museu Paraense 1</i>).</p>	
1895		<p>México: Agustín Aragón rechaza las ideas de Darwin, aunque acepta principios lamarquianos (<i>“Apreciación positiva de la lucha por la existencia”</i>, <i>Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate</i> 9:145-161).</p> <p>México: En el Congreso de Americanistas, José Ramírez plantea que el ser humano apareció independientemente en el Nuevo y Viejo Mundo (<i>Congreso Internacional de Americanistas, Actas</i></p>		

		<i>Undécima Reunión XI:360-363).</i>		
1896	En " <i>Compendio de la flora Española</i> ", Blas Lázaro e Ibiza plantea como plausible el origen evolutivo de nuevas especies vegetales.	México: Alfredo Dugés escribe el artículo evolucionista " <i>El pié de los monos</i> ", <i>Memorias Soc. Cient. Antonio Alzate v. Ix, pág. 327-329).</i>	Brasil: Emilio Goeldi comenta la teoría darviniana en relación a los reptiles ( <i>Boletim Museu Paraense Hist. Nat. Etnogr. Pág. 426).</i>	
1897	" <i>Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados</i> ", de Santiago Ramón y Cajal, presenta planteamientos evolutivos. " <i>refutaciones a un antidarwinista</i> " (J.Gogorza).	México: " <i>Recueil des Lois de Biologie Generale</i> ", de A. L. Herrera, libro darvinista.	Brasil: Carlos Euler manifiesta que el descubrimiento del pitecántropo disminuyó la distancia entre el hombre y el mono ( <i>O Pithecanthropus</i> ", <i>Revista Brasileira IX (1897):33-42</i> ), y escribe acerca de coevolución de plantas e insectos (" <i>As Flores e seus Hospedes</i> ", <i>Revista Brasileira (1897):93-107</i> ). Brasil: El médico Domingos Freire discute el surgimiento y evolución de los vegetales cultivados ( <i>A Pátria das Plantas Cultivadas</i> ", <i>Revista Brasileira (1897):170-284; 216-231</i> ).	
1898	El naturalista Pere Alsius descubre restos humanos fósiles en Banyoles. E. Sanz y Escartín: " <i>De la doctrina evolucionaria y su aplicación a las ciencias morales y políticas</i> " ( <i>Revista Contemporánea</i> ). El católico evolucionista Juan González de Arintero defiende las ideas del " <i>Origen de las Especies</i> ", pero considera inaceptable al " <i>Origen del Hombre</i> " (" <i>La evolución y la filosofía cristiana</i> ", Madrid). " <i>Darwin, Spencer, Marx</i> " ( <i>Vida Nueva</i> 21, 30 oct., Enrique Lluria), defiende a Darwin. Antonio García Maceira publica el	México: Jesús Sánchez escribe acerca de los indígenas mexicanos, sostiene que se extinguen por no estar preparados para la lucha por la vida y ve en ellos ciertos caracteres simiescos (" <i>Relaciones de la antropología y la medicina</i> ", <i>Gaceta Médica de México XXXV(10):193-206; XXXVI(6):112-122</i> ).		

	<p>folleto antidarvinista “<i>Exposición y examen del darwinismo</i>”, que es reseñado por Juan José Muñoz (<i>Rev. Montes XXII:171-172</i>).</p> <p>Vicente March “<i>La lucha por la existencia entre los hombres</i>” (<i>La Revista Blanca</i>).</p>			
1899	<p>“<i>Biología política</i>” (I. Valente Vivó, Barcelona).</p> <p>“<i>Evolución del Darwinismo sociológico</i>” (C. Fages, <i>La Revista Blanca</i> 1:643; 2:6, 33, 61).</p> <p>“<i>Valor de los agentes que determinan la distribución de los vegetales en el globo</i>” (Carlos Castel y Clement) destaca la lucha por la existencia.</p> <p>“<i>Lamarckiens et darwiniens</i>” (F. Le Danec, recensión en <i>RC</i>, CXVI, pág. 223).</p>		<p>Brasil: Silvio Romero desarrolla la teoría de la evolución social en su artículo “<i>O Haeckelismo em Sociologia</i>”, <i>Revista Brasileira</i> 1899:200-235.</p>	
1900	<p>“<i>Armas defensivas empleadas por los vegetales en la lucha por la vida</i>” (B. Lázaro e Ibiza, Discurso de ingreso en Real Academia de Ciencias)</p> <p>“<i>Falsedad de la lucha por la existencia</i>” y “<i>Entre dos evoluciones</i>”(A. Lorenzo, en <i>La Revista Blanca</i>).</p> <p>“<i>Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica</i>” (J. Macpherson, ASEHN).</p> <p>“<i>Leyes de evolución</i>” (F. Urales, <i>La Revista Blanca</i>).</p>			