

Hecho por: *Marta* 9 años.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

EXPERIMENTALES



Los conceptos de población y de especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas

TESIS DOCTORAL

MARÍA DEL PILAR JIMÉNEZ TEJADA

Granada 2009

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



**Los conceptos de población y de especie en la
enseñanza de la biología: concepciones,
dificultades y perspectivas**

TESIS DOCTORAL

MARÍA DEL PILAR JIMÉNEZ TEJADA

Granada 2009

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: María del Pilar Jiménez Tejada
D.L.: GR. 2054-2009
ISBN: 978-84-692-2253-9

**Los conceptos de población y de especie en la
enseñanza de la biología: concepciones,
dificultades y perspectivas**

**Memoria que la Licenciada María del Pilar Jiménez Tejada presenta
para aspirar al Grado de Doctora por la Universidad de Granada**

Esta memoria ha sido realizada bajo la dirección de:

Dr. Francisco González García y Dr. José Antonio Hódar Correa

Lda. María del Pilar Jiménez Tejada

Aspirante al Grado de Doctor

Granada, Febrero del 2009

Dr. Francisco González García y Dr. José Antonio Hódar Correa
Profesores Titulares de Didáctica de las Ciencias Experimentales y
Ecología, respectivamente, de la Universidad de Granada

CERTIFICAN

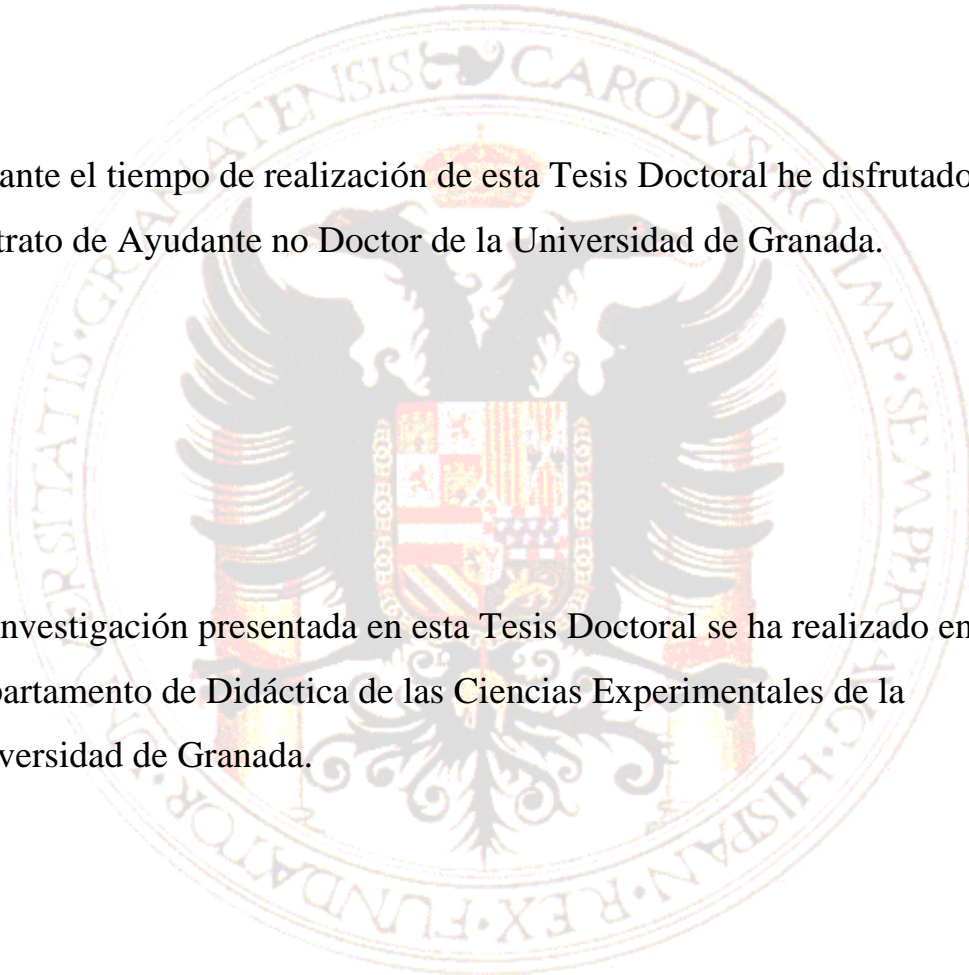
Que los trabajos de investigación desarrollados en la Memoria de Tesis Doctoral: “Los conceptos de población y de especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas”, son aptos para ser presentados por la Lda. María del Pilar Jiménez Tejada ante el Tribunal que en su día se designe, para aspirar al Grado de Doctora por la Universidad de Granada.

Y para que así conste, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, extendemos el presente certificado a 6 de Febrero de 2009

Dr. Francisco González García Dr. José Antonio Hódar Correa

Durante el tiempo de realización de esta Tesis Doctoral he disfrutado de un contrato de Ayudante no Doctor de la Universidad de Granada.

La investigación presentada en esta Tesis Doctoral se ha realizado en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada.



A Jose y a mis padres.

A la tita Matilde, una
MAESTRA de la posguerra
que superó muchas
dificultades con paciencia y
cariño, dos herramientas que
todo el profesorado
deberíamos tener siempre a
mano.

Agradecimientos

Mi larga experiencia personal en la enseñanza me ha demostrado, en reiteradas ocasiones, que el “por favor” y el “gracias” consiguen de los alumnos mejores resultados de lo que se podría esperar. Como soy consciente de que esta investigación no habría sido posible sin la colaboración de innumerables personas, unas desconocidas y otras no tanto, no quiero desaprovechar esta ocasión para agradecer vuestra ayuda.

En primer lugar a Francisco González, mejor Paco. Si hace once años no me hubiese animado para que me matriculara en los cursos de doctorado y, posteriormente, no hubiese insistido en que solicitara la plaza de ayudante en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, habría sido complicado compaginar el trabajo fuera de Granada, los viajes, la familia y la elaboración de una tesis. Pero Paco ha sido además un excelente director y buen amigo; no sólo me ha guiado por los entresijos de la investigación en didáctica, dándome las oportunas indicaciones y sugerencias, sino que también ha respetado mis ideas, mi forma y ritmo de trabajo, y en todo momento ha tenido palabras de ánimo. Gracias, Paco

José Antonio, el otro director y también mi marido (¿mejor compañero?), ha tenido que augantar el chaparrón por duplicado. Su inestimable ayuda con el manejo de datos y la estadística, y sus amplios conocimientos en biología me han sido de gran ayuda para elaborar este documento. Su serenidad y confianza en mí han hecho posible la superación de los “bajos momentos” que, supongo, lleva consigo toda tesis doctoral. Gracias, Jose.

A toda mi familia: padres, hermanos, cuñados, suegros, tíos, primos... También su papel ha sido variado. A veces han tenido que ejercer de niñeras, muchos de ellos han colaborado en la recogida de datos al hacer circular las encuestas entre compañeros y/o alumnos, y algunos han intervenido en la validación de las mismas.

A todo el profesorado universitario que ha colaborado de diversas formas, unos respondiendo a las encuestas, otros validándolas y otros pasándoselas a su alumnado. Hacer un listado con todos ellos disminuiría la posibilidad de anonimato de las encuestas que algunos han respondido, y, quizá supondría el error, imperdonable por mi parte, de olvidar a alguien. Sin embargo, quiero expresar un agradecimiento especial a dos de ellos. A D. Manuel Tamayo que, además de hacer muy grata mi estancia en Talca, pasó las encuestas a dos grupos de alumnos chilenos de la UCM y permitió que algunos de ellos pudiesen ser entrevistados durante sus horas de clase. Al profesor D.

Juan Pedro Martínez Camacho, además, le debo la oportunidad que me dio de asistir como libre oyente a sus clases de “Genética de Poblaciones”. Recordé información que tenía olvidada, aprendí mucho más sobre la genética, pero con un enfoque novedoso y diferente al que yo recibí años atrás. Disfruté al volver a la universidad como alumna, y lo hice más aún al no tener que ser posteriormente evaluada, pues lo que leía y discutía lo hacía por el simple placer de aprender. Confirmé en mí misma lo que tantas veces, como profesora me he planteado. Pero sobre todo vi a un profesor de universidad muy implicado con sus alumnos y del que todos deberíamos aprender.

A todos mis amigos (necesitaría un anexo aparte para nombrarlos), sin ellos no habría logrado jamás disponer de suficiente número de encuestas del profesorado de secundaria. Gracias por vuestros ánimos y porque, a buen seguro, os he puesto en algún compromiso.

A todo el profesorado, tanto chileno como español, que ha respondido a las encuestas, sin su colaboración gran parte de la investigación no habría tenido lugar.

El Colegio Sagrado Corazón de Granada y el I.E.S. Fernando III el Santo de Priego de Córdoba me permitieron el acceso a los libros de texto para su análisis, y su profesorado accedió de buen grado a responder a las encuestas.

El Departamento de Didáctica de las Matemáticas me dio todas las facilidades para consultar los libros de texto de que disponían. Los profesores D. José Luis Lupiáñez, D. Pablo Flores y D. Isidoro Segovia prestaron su ayuda con las encuestas a los alumnos y al profesorado de secundaria.

A D. Antonio J. Moreno Verdejo le debo la posibilidad de haber consultado su tesis doctoral, de gran interés para abordar la discusión correspondiente a la parte interdisciplinar. De igual modo, D. Óscar Barberá nos proporcionó la tesis doctoral de D^a Mercedes Berzal de Pedrazzini, fundamental para nuestro estudio.

La Universidad Católica del Maule me permitió, al asistir como invitada a las I Jornadas de Didáctica de las Ciencias Experimentales que organizó, recoger las encuestas del profesorado de medias que asistió a ellas.

Álvaro Porras le dio soporte informático a las encuestas para el profesorado de secundaria, lo que permitió que algunas de ellas fuesen contestadas y remitidas vía internet.

No quiero olvidarme de todas las personas que componen mi segunda familia, el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, desde Naranjo, que como

director del mismo cuando me incorporé a mi actual trabajo, siempre ha animado “a la niña” del departamento, hasta Marga (mientras estuvo en nuestro departamento), todos me habéis mostrado vuestras interesantes sugerencias, cariño y apoyo en todo momento. Alicia y Salomé, Salomé y Alicia, gracias por vuestras palabras, consejos y buena disposición pues como madres y trabajadoras sabéis las dificultades que supone afrontar un trabajo de esta entidad.

Gracias, gracias, muchas gracias a todas las personas que la habéis hecho posible.

En Granada, Febrero de 2009.

Índice

Apartado	Página
Capítulo 1. Los conceptos de población y especie y su relación con la enseñanza y el aprendizaje de la evolución	1
1.1. La filosofía de la ciencia frente a la ciencia biológica	2
1.2. Los problemas conceptuales como limitación para el entendimiento de la teoría de la evolución	4
1.3. Los conceptos de especie en biología	7
1.4. La población en biología	10
1.5. Ideas alternativas sobre evolución, población y especie	14
Capítulo 2. Justificación de la investigación sobre los conceptos de población y especie	29
2.1. Justificación de la investigación	30
Capítulo 3. Los conceptos de población y especie a través de las encuestas realizadas a los alumnos	35
3.1. Introducción	36
3.2. Metodología	36
3.3. Resultados y Discusión	44
<i>3.3.1. Diferencia entre individuo y población (Pregunta 1.1)</i>	44
<i>3.3.2. Diferencia entre población y especie (pregunta 1.2)</i>	47
<i>3.3.3. Visión tipológica del concepto de especie (pregunta 1.2)</i>	52
<i>3.3.4. La reproducción en el concepto de especie (pregunta 1.2)</i>	53
<i>3.3.5. Cálculos de Linneo (pregunta 2.1)</i>	55
<i>3.3.6. Representación gráfica (pregunta 2.2)</i>	58
<i>3.3.7. Factores condicionantes (pregunta 2.3)</i>	61
<i>3.3.8. Mención de la expresión “factores ambientales” en la pregunta 2.3</i>	63
<i>3.3.9. Razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3)</i>	65
<i>3.3.10. Relación de la diferencia entre población y especie (pregunta 1.2) con el razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3)</i>	72
3.4. Conclusiones	74
Capítulo 4. La revisión de los libros de texto de Ciencias	77

4.1. Introducción	78
4.2. Metodología	78
4.3. Resultados y Discusión	82
4.3.1. <i>Desarrollo de un capítulo específico para población (ítem 1)</i>	82
4.3.2. <i>Ubicación de temas relacionados con los conceptos de población y especie (ítems 2 a 6)</i>	83
4.3.3. <i>Mención de la población en los temas que se refieren a taxonomía, genética, evolución, ecología y biosfera (ítems 7 a 11, 13, 35 y 45)</i>	85
4.3.4. <i>Mención de la especie en los temas que se refieren a taxonomía, genética, evolución, ecología y biosfera (ítems 14, 33 y 43)</i>	87
4.3.5. <i>Definiciones de población (ítems 13, 35 y 45)</i>	89
4.3.6. <i>Definiciones de especie (ítems 14, 33 y 43) y su dificultad (ítems 15, 34 y 44)</i>	89
4.3.7. <i>Población y especie en la estructura y dinámica de poblaciones (ítems 12, y 16 a 32)</i>	90
4.3.8. <i>Población y especie en los procesos de evolución y especiación (ítems 33 a 42, y 48)</i>	94
4.3.9. <i>Población y especie en los temas de genética (ítems 43 a 47)</i>	97
4.4. Conclusiones	97
Capítulo 5. La revisión de los manuales de ecología y genética	101
5.1. Introducción	102
5.2. Metodología	102
5.3. Resultados y Discusión	103
5.3.1. <i>Los manuales de ecología</i>	103
5.3.2. <i>Los manuales de genética</i>	108
5.4. Conclusiones	111
Capítulo 6. Las tareas de enseñanza de los profesores de Ciencias Naturales	113
6.1. Introducción	114
6.2. Metodología	115
6.3. Resultados y discusión	119
6.4. Conclusiones	125

Capítulo 7. Las opiniones de los profesores de la enseñanza universitaria	127
7.1. Introducción	128
7.2. Metodología	129
7.3. Resultados y Discusión	130
7.4. Conclusiones	134
Capítulo 8. El concepto de población en Matemáticas y Ciencias Sociales: los libros de texto y la opinión de los profesores	135
8.1. Introducción	136
8.2. Metodología	138
8.2.1. <i>Revisión de los libros de texto de Matemáticas</i>	138
8.2.2. <i>Revisión de los libros de texto de Sociales</i>	141
8.2.3. <i>Las opiniones de los profesores de Matemáticas</i>	143
8.2.4. <i>Las opiniones de los profesores de Ciencias Sociales</i>	145
8.3. Resultados y Discusión	147
8.3.1. <i>La revisión de los libros de texto de Matemáticas</i>	147
8.3.2. <i>La revisión de los libros de texto de Ciencias Sociales</i>	148
8.3.3. <i>Las encuestas a los profesores de Matemáticas</i>	149
8.3.4. <i>Las encuestas a los profesores de Ciencias Sociales</i>	151
8.4. Conclusiones	152
Capítulo 9. Las entrevistas a los alumnos	159
9.1. Introducción	160
9.2. Metodología	160
9.3. Resultados y Discusión	164
9.3.1. <i>Diferencia entre individuo y población (pregunta 1.1)</i>	164
9.3.2. <i>Diferencia entre población y especie (Pregunta 1.2)</i>	165
9.3.3. <i>Cálculos de Linneo (pregunta 2.1)</i>	169
9.3.4. <i>Factores condicionantes en la naturaleza (pregunta 2.3)</i>	171

<i>9.3.5. Razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3)</i>	175
<i>9.3.6. La dificultad e importancia de los conceptos de población y especie a través de las encuestas</i>	181
9.4. Conclusiones	182
Conclusiones	183
Conclusiones e implicaciones para la enseñanza	184
Bibliografía	187

Capítulo 1. Los conceptos de población y especie y su relación
con la enseñanza y el aprendizaje de la evolución

Capítulo 1. Los conceptos de población y especie y su relación con la enseñanza y el aprendizaje de la evolución

1.1. La filosofía de la ciencia frente a la ciencia biológica

Durante siglos, la biología ha estado considerada al margen de las ciencias, a pesar de las contribuciones que le ha hecho. Las razones de esta marginación son variadas, aunque Mayr (2006) las resume elegantemente en una única proposición: “Una de las más fundamentales diferencias entre la biología y las así llamadas ciencias exactas es que en la primera las teorías se basan en conceptos mientras que las segundas lo hacen en leyes naturales”. Esta diferencia fue suficiente para que las filosofías de la ciencia ignoraran (y aún ignoran) a la biología entre ellas: para historiadores y filósofos la ciencia era la física, por lo que la biología fue dejada de lado incluso en los siglos XVII y XVIII, cuando se pusieron los cimientos de la ciencia biológica.

Pero para entonces la biología ya tenía un bagaje a sus espaldas. Ya en el siglo en el siglo IV a. C. Aristóteles hizo importantes contribuciones metodológicas y conceptuales. Posteriormente Galeno, que se vanagloriaba de ser un hombre de ciencia, diestro en la ejecución de disecciones (Porter, 2003), realizó aportaciones a la medicina como el desarrollo de la anatomía del esqueleto y el conocimiento de los nervios, a través de la anatomía animal (diseccionó monos, ovejas, cerdos y cabras, e incluso un corazón de elefante). Desde esa época hasta el siglo XVI la biología permaneció en un estado que puede calificarse de latencia, hasta que a partir de entonces las escuelas médicas hicieron progresos en anatomía, embriología y fisiología, a la vez que la historia natural, en el sentido más amplio de la palabra, fue impulsada por teólogos naturales como Paley, Derham o Ray, y por naturalistas como Buffon y Linneo. Así pues, para el siglo XVIII la biología era una ciencia bastante bien establecida, pero no encajaba en el ideario de historiadores y filósofos por una cuestión de procedimiento. Por ejemplo, Kant intentó, en su *Crítica del juicio* (1790), explicar los fenómenos del mundo vivo utilizando las leyes y principios newtonianos. Al no obtener éxito atribuyó los procesos biológicos a la teleología, una idea que aún hoy está ampliamente arraigada entre los alumnos con ideas previas lamarckistas (Engel y Wood-Robinson, 1985; Jiménez Aleixandre y Fernández, 1989; Jiménez Aleixandre, 1992; Egea et al. 1996) y también muy extendida en el lenguaje popular utilizado por los medios de

comunicación o incluso libros de texto o lecturas científicas (Deadman y Kelly, 1978; Lucas, 1986; Serrano 1987; Grau Sánchez, 1993; Tamayo Hurtado y González García, 1998). A finales del siglo XIX y principios del XX otros filósofos realizaron propuestas basadas en el vitalismo (Bergson, 1911; Driesch, 1899), y aunque se dieron cuenta que su enfoque no fue el adecuado no encontraron otra respuesta. Aún recientemente, a finales de la década de 1990, hay filósofos como Sober (1996) que han escrito filosofías de la biología basadas en el marco conceptual de las ciencias físicas, ignorando las diversas afirmaciones de que una visión de la filosofía de la biología desde una perspectiva únicamente lógica y matemática no sería satisfactoria (Mayr, 2006).

La publicación en 1859 del *Origen de las especies* de Darwin fue una revolución que influyó en el establecimiento de la biología como ciencia autónoma, pues reveló que muchos conceptos básicos de las ciencias físicas no eran aplicables a la biología y que tenía un mundo conceptual asociado no aplicable a la materia inanimada (Mayr, 2006). Por supuesto, los objetos de estudio de la física y la biología son profundamente diferentes. Dado que los sistemas biológicos son más complejos, se supone que son menos susceptibles de generalización que los sistemas físicos. Aunque esto puede ser cierto en parte, otra razón importante es la “inocencia” que muchos biólogos han mostrado en su estudio de los sistemas biológicos, asumiendo que la mejor forma de estudiarlos era reducirlos a sus partículas fundamentales (Maurer, 1999). Esta vía puede ser exitosa cuando se baja al nivel de las moléculas, pero no resulta especialmente efectiva en niveles de organización superiores, como los organismos, las poblaciones o las comunidades: lo único que se consigue es una desconcertante variedad de fenómenos únicos sobre los que cualquier intento de generalización es arriesgado. La fiabilidad de la materia física no emana de la fiabilidad de sus componentes últimos, sino del hecho de que sus componentes son muy numerosos e independientes entre sí, la fiabilidad de los eventos físicos es una consecuencia de unos pocos componentes rígidamente ligados por leyes, mientras que la biología usualmente tiene que lidiar con un número intermedio de componentes que sólo muestran lazos incompletos (Ulanowicz, 1997).

Un ejemplo de este marco conceptual inadecuado, que en algunos casos procedía de épocas pretéritas, es el *pensamiento tipológico o esencialismo*. Introducido en la filosofía por Platón y los pitagóricos, el esencialismo aún hoy día permanece y está ampliamente extendido en los estudiantes universitarios, tanto de Biología de diferentes

niveles como de otras carreras (Capítulo 3) y puede ser un obstáculo, como ya lo fue en su momento, para comprender procesos tan capitales como la evolución por selección natural. Esto ocurrió así porque el esencialismo no daba cabida a la variación: la variabilidad del mundo consistía en una cantidad limitada de *eide* o esencias netamente delimitadas e invariables. La descripción de la diversidad viviente aportada por el esencialismo fue rechazada por Darwin, quien introdujo en su lugar el *pensamiento poblacional*. Sin embargo, el esencialismo estaba tan arraigado que muchos de los asociados de Darwin, como Charles Lyell y Thomas H. Huxley, nunca adoptaron el pensamiento poblacional y siguieron siendo tipologistas durante el resto de su vida (Mayr, 1982). Incluso el propio Darwin recaía en el pensamiento tipológico, algo que limitó en gran medida su capacidad de resolución del problema del origen de las nuevas especies (Mayr, 2006). El arraigo del pensamiento tipológico fue tal que hubo que esperar ochenta años, hasta la década de 1930, para que la selección natural fuese adoptada universalmente por los evolucionistas (Bowles 1984).

1.2. Los problemas conceptuales como limitación para el entendimiento de la teoría de la evolución

En la actualidad no es raro encontrar en los alumnos ideas previas similares, ideas por las que la historia de la Ciencia previamente ha pasado. Un ejemplo de ello es la *teleología* que se pone de manifiesto a través de las ideas lamarckistas ampliamente difundidas entre ellos, como nos indican los estudios de Brumby (1979), Lucas (1986) y Jiménez Aleixandre y Fernández (1989). Otro ejemplo claro lo constituye el *esencialismo o tipología* que muestran los alumnos al explicar qué es una especie (Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993; Capítulo 3). Si, como decíamos antes, el esencialismo fue una barrera para comprender la evolución por selección natural, lo que sólo ocurrió tras un cambio hacia el pensamiento poblacional después de varias décadas de dominio del pensamiento tipológico, una buena vía para analizar las dificultades que presentan los alumnos en el aprendizaje de la evolución, las dificultades para su aceptación o sus ideas previas sobre esta teoría, sobre las que tanto se ha investigado en didáctica (Deadman y Kelly, 1978; Brumby, 1979, 1984; Jiménez Aleixandre, 1990; Grau Sánchez, 1993; Blackwell et al., 2003), es utilizar la perspectiva que nos dan los conceptos de población y especie. En concreto, podemos preguntarnos si las dificultades de aprendizaje de la evolución que presentan los alumnos están relacionadas con las

dificultades en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de especie y población, de los cuales poco se ha investigado (ver por ejemplo Develay y Ginsburger-Vogel, 1986 y Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993) pero mucho se ha discutido. Nuestra hipótesis se fundamenta en las manifestaciones de Mayr (2006), que sitúa las razones del rechazo que durante décadas que ha tenido la teoría de la evolución en un marco conceptual inadecuado: el *pensamiento tipológico*, rechazable en favor del *pensamiento poblacional* introducido por Darwin. Si en biología las teorías se basan en conceptos, para mejorar la enseñanza, aprendizaje y aceptación de la teoría de la evolución deberíamos prestarle más atención a los conceptos de población y especie. El papel clave que esta teoría juega en la biología y sus implicaciones en la sociedad y en la religión, como fenómeno social y antropológico, justifica este interés. Respecto a las implicaciones en biología no debemos olvidar la frase de Theodosius Dobzhansky (1973) con la que afirmaba que “nada en la biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución”, y que posteriormente ha sido citada y aún hoy sigue haciéndose (Tidon y Lewontin, 2004; Mayr, 2006). Otros autores también indican que la evolución tiene tal significación que puede ser considerada la más importante de las teorías dentro de la biología (Rutledge y Warden, 2000). Que un biólogo de la categoría de Dobzhansky supeditara el entendimiento de toda una disciplina científica a un hecho biológico aún tan controvertido, y que otros posteriores a él estén totalmente de acuerdo, indica la dimensión que los científicos dedicados a las Ciencias Biológicas atribuyen a la evolución. La importancia que tiene esta teoría llega también a los centros educativos y a la enseñanza de la biología, aconsejándose incluso que se tome a la evolución como centro de organización de la enseñanza de esta disciplina (National Academy of Sciences, 1998).

Si en su día la aceptación de la evolución por selección natural chocó con el esencialismo en contra del adecuado pensamiento poblacional, en la actualidad se enfrenta al pensamiento tipológico ampliamente extendido entre los alumnos, como ya se ha comentado anteriormente. El pensamiento poblacional es necesario si queremos transmitir a los alumnos que la selección natural no produce cambios en el individuo sino en las poblaciones, dentro de las cuales existe la variabilidad imprescindible para que actúe la selección natural. Este pensamiento choca, por un lado, con las ideas lamarckistas ampliamente difundidas entre los alumnos (Brumby, 1979; Lucas, 1986; Jiménez Aleixandre y Fernández, 1989) y por otro, con la dificultad que tienen para

percibir con claridad el concepto de población (Develay y Ginsburger-Vogel, 1986; Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993). Este concepto a veces lo utilizan como sinónimo de ecosistema, de comunidad, o de especie (Adeniyi, 1985; Capítulo 3).

Las dificultades para la comprensión de los conceptos de población y especie entre el alumnado pueden ser un reflejo de las que hay en el ámbito científico cuando se intentan definir ambos términos. Así, Mayr (2006) indica que no hay en biología otro problema sobre el que más se haya escrito y en el que menos unanimidad haya que en el concepto de especie. Como muestra de las dificultades de dicho concepto, varios autores han recopilado diversas definiciones. Así, Mayden (1997) proporciona una larga (e incompleta) lista de 21 definiciones diferentes, o Pigliucci (2003) de nueve, mientras que Gleason et al. (1998) indican que los distintos tipos de definiciones no pueden ser aplicados al mismo grupo de organismos. Pigliucci (2003) indica que la razón de ello es que de esa forma se resuelven las numerosas dificultades planteadas a los biólogos. La solución a estas dificultades está, para diversos autores (Wittgenstein, 1973; Hull, 1965; Pigliucci, 2003) en considerar que la idea “especie” está formada por un conjunto de conceptos, aplicando el más adecuado según la necesidad y el grupo de organismos.

No se queda atrás el concepto de población, al que se le han dedicado en la revista *Oikos* diversos artículos desde la sección *forum* (Berryman, 2002; Camus y Lima, 2002; Baguette y Stevens, 2003), mientras que autores como Schaefer (2006) indican la dificultad de encontrar un concepto unificado de población.

Esta clara conciencia de la dificultad de estos conceptos que se tiene desde el mundo científico contrasta, sin embargo, con la percepción que tiene el profesorado sobre la dificultad de aprendizaje de ambos (Jiménez Tejada et al., 2008a, b). Pensamos que esta percepción quizá sea la causa de que desde la investigación en didáctica se les haya prestado escasa atención.

El interés que despiertan ambos conceptos y los debates que se abren en torno a ellos son una clara evidencia de la importancia de ambos en la biología. Esta importancia radica, en parte, en el hecho de ofrecernos una imagen integrada de la biología, pues están relacionados con numerosas ramas de la biología, tal y como indican Mayr (2006) y Berryman (2002) para el concepto de especie, y Schaefer (2006) y Berryman (2002) para el de población.

1.3. Los conceptos de especie en biología

Desde el Génesis se dice que Dios asignó a Adán la tarea de poner nombre a los hombres y las plantas, lo que ha sido una práctica habitual desde las civilizaciones más antiguas que tenían un conocimiento extenso de las especies, sobre todo de aquellas que les eran útiles o las que podían ser peligrosas para ellos. Este reconocimiento de las especies como entidades naturales se ha llevado a cabo en todas las culturas (Jahn et al., 1985; Taton 1988) incluyendo a las tribus más primitivas (Atran, 1985).

Hay quienes opinan que las especies son una invención de taxónomos o filósofos de la biología, lo que contribuye también a mantener el problema del concepto de especie (Barberá, 1994). Pero hay buenos ejemplos de que la diversidad biológica está formada por unidades discontinuas de organismos estrechamente relacionados. Mayr encontró que una comunidad de cazadores de las montañas de Arfak de Nueva Guinea, con cultura de la Edad de Piedra, tenían 136 nombres vernáculos distintos para designar a 137 especies de aves de la región. No es coincidencia que estos hombres primitivos hayan llegado a la misma conclusión que los taxonomistas del Museo de Harvard, sino que ambos grupos de observadores reconocían las mismas discontinuidades, objetivas y no arbitrarias de la naturaleza (Mayr, 1963). El propio Mayr (2006) afirma que algunos de los autores que han escrito sobre la especie quizá no hayan analizado personalmente ninguna población específica ni estudiado especies de la naturaleza (se les puede llamar *taxónomos de sillón*), por lo que carecen de toda percepción de lo que son en realidad, y cuenta que ya Darwin conocía esta situación, pues en 1845 escribió a Joseph Hooker: “*Cuán dolorosamente cierta es vuestra observación de que prácticamente nadie tiene derecho de examinar la cuestión de especie si no ha descrito muchas en detalle*” (Darwin, 1887: 253).

Una vez reconocida la existencia real de las unidades discontinuas de la naturaleza llamadas especies, haremos un recorrido por la historia del concepto comenzando por el *tipológico*. Los autores, desde Platón y Aristóteles hasta Linneo y los de principios del siglo XIX, reconocían con el término especie a una clase de individuos que compartían un cierto número de similitudes. El uso que actualmente se hace de la palabra especie aplicada a objetos inanimados (especie de mineral, especie de roca...) es un reflejo del concepto tipológico clásico. Para un taxónomo de museo o de herbario, que tiene que clasificar colecciones y aplicarlas a taxones concretos, puede ser conveniente el uso de este concepto como lo fue hasta el siglo XIX para los naturalistas

que se ocupaban básicamente de hacer inventarios de las especies en la naturaleza; sin embargo, hay que ser conscientes de los errores que se pueden cometer al utilizarlo. Esto es así porque dentro de una misma especie podemos encontrar diferencias causadas por el sexo, la edad, la estación o la variación genética ordinaria, diferencias que pueden ser mayores entre los miembros de la misma población que las que haya entre miembros de especies distintas reconocidas como válidas. También existen casos a la inversa, ya que hay especies crípticas tan similares que son virtualmente indistinguibles. Estas especies, que aparecen en casi todos los grupos de organismos (Mayr, 1948) invalidan el concepto tipológico de especie. Pero la mayor debilidad de este concepto es que no logra explicar las especies discretas en aislamiento reproductivo en la naturaleza, pues las definiciones morfológicas de especie son meramente artificiales (Mayr, 2006).

El concepto de *especie biológica* tiene una larga historia y es erróneo atribuirle a Dobzhansky o a Mayr su autoría. Según Mayr “*mi mérito fue proponer una definición simple y concisa*” (Mayr, 2006).

La asociación del aspecto de reproducción a los individuos que pertenecían a la misma especie no es actual, y viene de tiempos en los que el pensamiento tipológico estaba vigente, así expone Barberá (1994) que “en el pensamiento de Aristóteles lo que realmente tienen en común todos los individuos que constituyen una especie, además del término que los describe, es la posibilidad de procrear individuos semejantes a ellos”. Louis (1985) señala que Aristóteles, en su tratado *De la generación y la corrupción*, remarcaba que las particularidades de cada especie se conservan de generación en generación, y en esto es en lo que realmente consiste la especie. Pero, sin embargo, Aristóteles también admitió la posibilidad de cruzamiento entre animales de especies diferentes, dándoles a estos cruces interespecíficos gran importancia y admitiendo que todas las aves, excepto el águila real, procedían de mezclas entre diferentes especies (Barberá, 1994). Lo curioso es que, a pesar de admitir estos híbridos, no pensaba que este procedimiento diera lugar a nuevas especies y, por tanto, para que quedase íntegra su definición de especie objetaba que los híbridos eran estériles o que al cabo de cierto tiempo retomaban el aspecto de la hembra procreadora inicial.

En el siglo XVII John Ray definió la especie en el primer volumen de su obra *Historia generalis plantarum* (1686-1704), como “*una totalidad de organismos similares que proceden de la misma semilla, se reproducen entre sí y tienen descendencia que asemeja a sus padres*”, lo que quizá le permitió realizar agrupaciones

naturales de plantas. Pero esta definición tiene el inconveniente de reconocer a las especies como una realidad inmutable pues, según Ray “nunca nace una especie de la semilla de otra especie” (Taton 1988, tomo 7, p. 640). En el siglo XVIII el Conde de Buffon, a pesar de haber negado inicialmente la existencia de cualquier categoría sistemática de la naturaleza y afirmar como única la existencia de los individuos, se fue convenciendo de la existencia de las especies conforme iba estudiando y describiendo animales, hasta llegar a la adopción del criterio de cruzamiento propuesto anteriormente por Aristóteles y Ray.

En los cuadernos de notas de Darwin, previos al *Origen*, aparece un concepto novedoso y moderno basado en el aislamiento reproductivo: “La aversión de dos especies entre sí es evidentemente un instinto; y esto evita la reproducción” (Cuaderno de notas B, p. 197; Darwin, 1837 en Mayr, 1992). Sin embargo, al intentar aplicar su concepto de especie a las plantas se encontró con dificultades, llegando a negar la existencia de la especie como categoría natural: “*tendremos que tratar a las especies de la misma manera que aquellos naturalistas tratan a los géneros cuando admiten que los géneros son combinaciones meramente artificiales hechas porque así conviene. Quizá no es ésta una perspectiva consoladora; pero cuando menos nos liberamos de buscar en vano la esencia, ni descubierta ni posible de descubrir, del término especie*” (Darwin, 1859). Esto no ayudó en absoluto a comprender la teoría, pues muchos evolucionistas llegaron a la conclusión de que, si las especies eran grupos arbitrarios, era inútil intentar explicar su origen (Barberá, 1994), y aunque otros como K. Jordan o E. Stresemann no abandonaron la idea de las especies como unidades biológicas reales, la confusión en torno a ellas demoró la aceptación de la teoría de la evolución hasta la década de 1930. Los anteriores autores junto a E. Poulton, B. Rensch y T. Dobzhansky contribuyeron a la elaboración del concepto biológico de especie, aunque fue la sencilla definición de Mayr la que propició su aceptación: “*grupos de poblaciones naturales que se reproducen en forma cruzada y que se hallan reproductivamente (genéticamente) aisladas de otros grupos semejantes*” (tomado de Mayr, 2006).

A pesar de su aceptación, el concepto biológico de especie no se ha librado de numerosas críticas, a las que Mayr ha respondido en diversas ocasiones, siendo el propio autor consciente de las limitaciones de su aplicación (Mayr, 2006). Entre ellas están la dificultad para la aplicación del concepto a especies fósiles, a especies con reproducción asexual, y en los casos de especiación incompleta, pues “*en cada grupo de*

organismos existen situaciones en las cuales las poblaciones se hallan en ese estado intermedio entre no todavía una especie y una especie plenaria” (Mayr, 2006).

Para el caso de especies con reproducción asexual, que difieren entre sí por su grado de diferencias fenotípicas, se ha utilizado el término *agamospecie* que podría incluirse dentro de la categoría de especie tipológica, mientras que para la discriminación de especies fósiles se ha intentado solucionar el problema por varios autores como Simpson (1961), Hennig (1966) o Wiley y Maydem (2000), pero en todos los casos con poco éxito (Mayr, 2006). Así Simpson (1961: 153) dice: “*una especie evolutiva es un linaje que evoluciona en forma separada de otras y con su propio papel y tendencias evolutivos unitarios*”. Sin embargo ¿cómo podemos saber para cualquier población su propio papel evolutivo (en el futuro) y sus tendencias históricas? (Mayr, 2006). El concepto de especie de Hennig (1966) se basa en el concepto biológico de especie, pero acepta que la especie vieja desaparece siempre que se origina una nueva (*apogénesis*, Gould, 2002) lo que no es válido para la especiación simpátrica (Mayr, 2006).

Lo cierto es que el problema se mantendrá (Mayr, 1992) mientras queramos utilizar el término especie para representar dos conceptos muy diferentes, por un lado un rango en la jerarquía linneana de categorías sistemáticas y por otro a poblaciones que se distribuyen en el espacio y en el tiempo y que constituyen unidades definidas en la naturaleza. Este problema quizá se puede solucionar si, como indican diversos autores (Wittgenstein, 1973; Hull, 1965; Pigliucci, 2003) se considera que la idea “especie” está formada por un conjunto de conceptos, aplicando el más adecuado según la necesidad y el grupo de organismos.

1.4. La población en biología

Tampoco el concepto de población es fácil de definir, y buena prueba de ello es la serie de artículos que se le han dedicado en la revista *Oikos* desde la sección *forum* (Berryman, 2002; Camus y Lima, 2002; Baguette y Stevens, 2003), a la vez que algunos como Schaefer (2006) indican la dificultad de encontrar un concepto unificado de población.

La historia de la biología de poblaciones es antigua, pues Egerton (1977) sitúa sus raíces hasta el año 707 a. de C. e indica que “*los textos de Aristóteles contienen los*

ingredientes de una impresionante ciencia de la biología de las poblaciones". Una primera aproximación a la dinámica de poblaciones nos la dio en 1202 Leonardo de Pisa, también llamado Fibonacci, en su *Liber Abaci* (libro del ábaco o libro de los cálculos), en el que estudiaba del crecimiento de las poblaciones de conejos mediante lo que posteriormente daría en llamarse series de Fibonacci. El primer estudio observacional conocido de demografía animal lo realizó Leeuwenhoek, que en 1677 definió un método para contar la multiplicación de "animáculos" en una gota de agua. En el siglo XVIII Linneo mostró las relaciones entre los seres vivos y el medio para explicar las distribuciones y el equilibrio entre ellos, ambas "providenciales", apreciándose su disposición a manifestar la gloria de Dios (Acot, 1990). En ese mismo siglo la problemática de la población humana se aborda, casi exclusivamente, desde los puntos de vista económico y político (Berzal de Pedrazzini, 2001), siendo Thomas R. Malthus uno de los autores más representativos de la época, y su obra *An Essay on the Principle of Population* (1798) una de las lecturas determinantes para el desarrollo de la teoría de la evolución por selección natural por parte de Darwin. De modo que en siglo XIX, Lyell ya pone de manifiesto en sus escritos cómo los equilibrios de la naturaleza son el resultado de fuerzas antagónicas y no de la providencia divina (Acot, 1990); así, ante una hipotética situación en la que un elevado número de osos polares alcanzara la costa norte de Islandia, Lyell dice: "*los pájaros acuáticos cuyos huevos y crías servían de alimento a los zorros, verían aumentar su población al matar los osos cierto número de zorros; mientras que los peces, que servían de alimento a los pájaros acuáticos, verían cómo se reducía su población*".

El paradigma malthusiano fue un modelo para los estudios demográficos, tanto de humanos como de otros animales, a lo largo de más de un siglo. La primera expresión matemática de este modelo, cuya representación gráfica equivale a una curva logística, la propuso P. F. Verhulst en 1838, aunque fue ignorada y posteriormente redescubierta por Raymond Pearl en 1920. A finales del siglo XIX Conway McMillan hace estudios dinámicos de poblaciones vegetales observando la importancia de factores bióticos y abióticos en los cambios de las mismas. Sobre las turberas comenta este autor: "*Cuando está (...) anclada, esta turba se ve sometida a las influencias de su nuevo medio y, en consecuencia, su población se ve modificada. Las influencias que le afectan son tanto físicas como biológicas*". Pero es a partir de las necesidades impuestas por la lucha biológica cuando se comienzan a realizar estudios cuantitativos en las

poblaciones, estudios que, según Acot (1990) presentaron grandes dificultades porque había que elegir las zonas de muestreo, pero para ello hacía falta conocer la distribución de las especies y su abundancia. La necesidad de resolución de estos problemas se hace patente desde finales de siglo XIX, y aún hoy cuando un ecólogo debe analizar una determinada población, lo primero que debe hacer es delimitar una zona de estudio, porque el lugar y tiempo que elija tendrán importantes implicaciones en las conclusiones que se extraigan y las actuaciones que se lleven a cabo después (Cowen et al., 2000; Freckleton y Watkinson, 2003), de ahí la importancia de definir el concepto de población.

A raíz de los problemas sociales (epidemias y escasez de alimentos) surgidos tras la I Guerra Mundial, se planteó la necesidad de gestionar las reservas desde un punto de vista práctico, por lo que predominan trabajos que tratan las relaciones depredador-presa, y es a partir de entonces que las matemáticas invaden la ecología. En esta época se desarrollaron modelos matemáticos como los de Lotka y Volterra publicados en 1925 y 1926, respectivamente, y las investigaciones de Gause (1934). En 1927 Charles Elton publica su "*Animal ecology*", la primera obra en la que se tienen en cuenta la importancia numérica de ciertas poblaciones y sus variaciones, aunque es muy modesta en lo referente a la cuantificación (Acot, 1990). Desde 1935 hasta 1960 hay un gran avance en el estudio de la ecología de poblaciones y las matemáticas son aplicadas sistemáticamente en las investigaciones. La importancia que se le atribuyen a los factores bióticos y abióticos en la dinámica de poblaciones es diferente según los investigadores de la época. Unos como Nicholson (1958) le dan mayor relevancia a las relaciones entre organismos vivos que a los factores abióticos, mientras que otros como Andrewartha y Birch (1954) llaman la atención sobre la importancia de los factores abióticos. Es Milne (1957) el primero que intenta una integración de las dos posiciones, y en la década de 1960 Chitty (1960) indica que la influencia de los factores genéticos en la regulación de las poblaciones no puede ser subestimada. Se inicia, por tanto, en esta década una enriquecedora confluencia de la ecología y la genética de poblaciones, que hasta ese momento habían tenido desarrollos paralelos y separados y que permanece hasta la actualidad (ver, por ejemplo, Sinclair 1989).

Si la historia de la biología de poblaciones es antigua, no lo es tanto la problemática asociada a la definición del concepto aunque, como ya se ha dicho, es en el siglo XIX cuando se hace patente el problema de decidir la situación geográfica

idónea para realizar los estudios de campo. Este problema se mantiene en nuestros días y podemos decir que es el centro de la discusión a la hora de escoger una definición adecuada. En lo que sí hay consenso es en reconocer la importancia que tiene dicho concepto para la biología.

Una de las definiciones más difundidas en numerosos manuales de ecología (Jiménez Tejada et al., en prensa) es aquella en la que se presenta a la población como “*grupo de individuos de la misma especie que ocupan un espacio particular en un tiempo determinado*”, pero como dicen algunos autores (Krebs, 1986; Berryman, 2002) es muy ambigua en lo referente al lugar. Es precisamente este aspecto el que más discusiones y controversia crea en ecología. En un extremo se hallan los autores que definen el lugar como “*los límites naturales en la distribución de las especies*” (Andrewartha y Birch, 1984), concluyendo que la población natural está formada por muchas poblaciones locales interreproductoras, a pesar de que la dispersión entre poblaciones locales no exista o sea despreciable (por existir barreras físicas de dispersión). En el otro están los autores “*que lo dejan al capricho del observador*” (Berryman, 1981; Ricklefs, 1990). Dejarlo al capricho del observador puede ser un problema, pues las conclusiones que se pueden sacar y las actuaciones a realizar pueden variar según los límites que se tomen (Cowen et al., 2000; Freckleton y Watkinson, 2003) ya que las características de la población pueden variar según el tamaño de la población considerada. Por ello algunos autores intentan ser más concretos, así Huffaker et al. (1999) definen el lugar como un “*área natural de suficiente tamaño para que la reproducción y supervivencia mantengan la población por muchas generaciones, y permitan la dispersión y los comportamientos migratorios*”. Incluir en la definición espacial de la población requerimientos de dispersión y/o migración puede llegar a ser complejo al realizar censos, por lo que se opta por la segunda elección, que no es la más adecuada si tenemos en cuenta que los factores que afectan a los movimientos migratorios van a hacerlo sobre la dinámica de la población. En este caso habría que tomar un área lo suficientemente grande como para que la inmigración y emigración sean raras o estén aproximadamente en equilibrio (Berryman, 1999). En esa línea define Berryman (2002) la población como “*un grupo de individuos de la misma especie que viven juntos en un área de tamaño suficiente para permitir la dispersión normal y/o los comportamientos de migración, y en cuyos cambios numéricos intervengan fuertemente procesos de nacimiento y muerte*”.

Como vemos, delimitar una población en organismos sésiles o en aquellos con patrones de migración conocidos puede ser factible, pero la dificultad es considerable en las especies que son dispersadas por el viento o por corrientes marinas.

La decisión no es sencilla y es importante por motivos como:

- a) La selección tiene lugar en poblaciones modificándoles la composición genética generación tras generación (Mayr, 2006) por lo que si queremos analizar la microevolución tendremos que escoger adecuadamente las poblaciones a estudiar.
- b) La conservación de los seres vivos no tiene por qué centrarse únicamente en las especies sino que a veces hay que actuar sobre las poblaciones, pues pueden poseer características que no se repitan en otras de la misma especie. Cuenta Mayr (2006) que en EE.UU. las leyes otorgaban protección especial a organismos amenazados sólo cuando estuviesen comprometidas especies plenas; a esta interpretación el autor protestó, pues existían poblaciones que por sus características eran particularmente preciosas y dignas de ser protegidas aunque no fuesen especies plenas, como ocurría con los pumas de Florida (*Felis concolor coryi*). Afortunadamente para esta población de pumas, los votantes de Florida se hicieron eco del problema y exigieron a los gobernantes que se atendiera la petición de Mayr.

1.5. Ideas alternativas sobre evolución, población y especie

Desde que se publicó el *Origin* hasta su aceptación tuvieron que pasar varias décadas, durante las cuales la teoría de la evolución hubo de superar diversos obstáculos que aún hoy día existen en la sociedad. Tampoco su enseñanza ha sido fácil y supone, como indican Grau y de Manuel (2002), una apasionante carrera de obstáculos, que en algunos casos son comparables a los que encontró en su momento la teoría para su aceptación.

La teoría de la evolución y los conceptos de población y especie están estrechamente ligados, por lo que para la enseñanza y aprendizaje de la primera hacen falta los segundos, siendo conveniente el conocimiento de las dificultades que muestra el alumnado en todos ellos y las razones que subyacen a su pensamiento para el diseño de estrategias educativas adecuadas. En este epígrafe vamos a comentar las dificultades más habituales encontradas en la enseñanza y aprendizaje de la evolución en las que están más directamente implicados los conceptos de población y especie, además de indicar las propias de estos últimos conceptos en la investigación educativa.

Coincidimos con Tamayo Hurtado (2004) en que buena parte de las dificultades en la enseñanza de la evolución se deben a que “*numerosos conceptos básicos vinculados a ella son difíciles de definir, delimitar o identificar, siendo ampliamente debatidos por los propios científicos*”.

Uno de ellos es el de adaptación. Milner (1995) comenta que “*es uno de los que provocan mayor confusión y perplejidad en ciencias naturales*”, y también indica “*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...*” Una muestra de lo resbaladizo que puede resultar dicho término se puede apreciar en los resultados de numerosas investigaciones sobre la enseñanza y aprendizaje de la evolución (Lucas, 1971; Deadman y Kelly, 1978; Clough y Wood-Robinson, 1985; de Manuel y Grau, 1996; de la Gándara y Gil, 2002; etc.), pues en ellas se pone de manifiesto que los alumnos consideran a la adaptación como un proceso individual, en el que los organismos experimentan de forma consciente cambios físicos en respuesta a nuevas necesidades originadas por cambios ambientales.

El uso del término adaptación para referirse a un proceso o al producto de dicho proceso (Medawar, 1951; Jiménez Aleixandre —citando a Medawar—, 1990; Tamayo Hurtado, 2004), la confusión entre adaptación ontogenética y adaptación filogenética, las influencias culturales y derivadas del uso del lenguaje (Grau y de Manuel, 2002) y las deficiencias en el tratamiento de la adaptación en los libros de texto, son algunos de los factores que han podido influir negativamente en el aprendizaje de la evolución.

Prevosti (1997) dice de las adaptaciones que “*son propiedades de los organismos, eficaces para sobrevivir en el ambiente donde viven*”, y añade que “*dicho concepto incluye dos clases de adaptaciones, las evolutivas y las fisiológicas.*” Quizá por este motivo Tamayo Hurtado (2004) aconseja que para la enseñanza de la evolución biológica se tenga presente que los términos *adaptarse* y *adaptación* tienen un significado diferente al que se les da en sentido fisiológico. La adaptación evolutiva o filogenética supone que determinados individuos, dentro de la población, poseen ciertas características físicas, comportamentales, o de otro tipo, que les confieren mayores posibilidades de supervivencia y de dejar descendencia que otros cuyas características son menos beneficiosas ante el mismo ambiente. Aquellos con mayor posibilidad de dejar descendencia transmitirán esas características (adaptaciones) a las siguientes generaciones, consiguiendo que en cada generación haya un mayor número de individuos con dichas adaptaciones. Estos organismos están “genéticamente adaptados”

siendo su adaptación irreversible. Algunos ejemplos de *adaptatividad* resultado de la adaptación evolutiva o filogenética son la piel oscura de las poblaciones humanas del África tropical, del sur de la India y de la Melanesia; o las branquias, el cuerpo fusiforme, el aparato excretor, etc, de los peces; o el conjunto de características presentes en las aves como la presencia de alas, la quilla del esternón o los sacos aéreos, las estrategias fotosintéticas en plantas (C₃, C₄, CAM) o la variedad de tasas fotosintéticas máximas con diferentes intensidades lumínicas para especies de plantas procedentes de lugares con insolaciones contrastadas, etc.

La *adaptatividad* no debe confundirse con la *adaptabilidad* o *versatilidad fisiológica* por la que los individuos, ante algún cambio en las condiciones ambientales, responden con cambios de tipo físico, fisiológico o comportamental, en algunos casos reversibles. Ejemplos de esta propiedad los tenemos en el aumento de pigmentación de la piel al exponerla al sol, el aumento en la producción de glóbulos rojos en los humanos cuando viven durante varios días en zonas de gran altitud, o el desarrollo de la máxima capacidad fotosintética a diferentes intensidades lumínicas por parte de individuos de una misma especie de planta dependiendo de la intensidad de luz habitual en el sitio en el que han germinado.

Sin embargo, la adaptabilidad individual también es resultado de la evolución y tiene importancia evolutiva. Así, ante un ambiente cambiante, la versatilidad fisiológica es una mejor estrategia de supervivencia individual, y puede verse favorecida por la selección natural, mientras que si el ambiente es más o menos estable la selección natural actuará favoreciendo a los individuos con alto nivel de adaptatividad que competirán más eficazmente con otros de otra especie diferente por un determinado nicho. Según lo anterior y de acuerdo con Tamayo Hurtado (2004) es válido utilizar el término “adaptación” para hablar de ambos, pero relacionándolos con la evolución biológica, y aclarando que la adaptabilidad es diferente a la adaptación filogenética que se da al nivel de población.

Por eso los ejemplos citados para la adaptatividad y los citados para la adaptabilidad pueden ser comparables si utilizamos el término “adaptación” como resultado, sin inmiscuirnos en el proceso que las ha originado. Sin embargo, si no se especifica que se trata de adaptación filogenética u ontogenética, se corre el riesgo de transmitir a los alumnos la idea equivocada de que se trata exactamente de los mismos procesos. Esta idea es la que recoge Lucas (1971) al analizar diversas definiciones de adaptación en libros y glosarios, donde se incluyen ejemplos en los que no se especifica

el tipo de adaptación. Esta confusión entre adaptación “individual” y “poblacional” también puede verse influida por otra confusión presente en los alumnos, pues como indica Halldén (1988), los alumnos con frecuencia confunden los conceptos especie y organismo, lo que explica que las adaptaciones de las especies puedan entenderse como adaptaciones de los organismos. Esta confusión entre especie y organismo quizá tenga como trasfondo la visión tipológica que se tiene de las especies como “organismos tipo”.

Las influencias culturales y derivadas del uso del lenguaje también tienen mucho que decir en la comprensión del fenómeno de adaptación filogenética. Como indican Grau y de Manuel (2002), la utilidad del término adaptación en los usos y costumbres sociales se traslada de manera simplificada a los procesos que sufren los organismos en su medio. Frases como “adaptarse o morir”, “adaptarse a las circunstancias”, o “adaptado a las necesidades” que se aplican a objetos o máquinas de uso cotidiano incluyen un uso del término “adaptación” y de otros pertenecientes a la misma familia, que como indican los mismos autores “poco tienen que ver con su significado biológico”. Otros problemas lingüísticos que plantea el aprendizaje de la adaptación son los recopilados por de la Gándara y Gil (2002) en su artículo “El aprendizaje de la evolución”. Estos aparecen con frecuencia en los libros de texto y probablemente también son utilizados por el profesorado:

- Adopción de un lenguaje metafórico al hablar de la adaptación.
- Connotaciones finalistas de las adaptaciones ampliamente arraigadas tanto en los alumnos como en los libros de texto.
- Razonamientos mecanicistas al explicar la adaptación pues pareciera que las adaptaciones fuesen el resultado de un diseño previo.
- Considerar que la adaptación es “una estrategia para la supervivencia” o “una solución a un problema”, que pueden inducir, según los autores del artículo, a concepciones antropomórficas del fenómeno de la adaptación.

Todas estas consideraciones habría que tenerlas en cuenta tanto al elaborar los libros de texto como al diseñar las intervenciones en el aula. Así, sugieren de la Gándara y Gil, “*Las explicaciones y descripciones finalistas podrían cambiar evitando el uso de la preposición para, al describir procesos biológicos y el reflexivo se adaptan, cuando lo que se quiere decir es que están adaptados.*”

Otra de las dificultades que se encuentra a la hora de construir el concepto de adaptación es poderla describir como si se tratara de un fenómeno observable (de la Gándara y Gil, 2002), dificultad que habría que añadir a todas las citadas anteriormente. Asociado a las ideas alternativas sobre la adaptación se encuentran las concepciones lamarckistas. Prevosti (1997) sugiere que “*las adaptaciones fisiológicas individuales que todos conocemos pueden ser la base de explicaciones lamarckistas*”. Estas ideas alternativas, puestas de manifiesto por diversos estudios sobre las concepciones de los estudiantes acerca de la evolución mediante selección natural (Brumby, 1979; Brumby, 1984; Engel y Wood-Robinson, 1985; Halldén, 1988; Jiménez Aleixandre y Fernández, 1989; Gené, 1991; de Manuel y Grau, 1996, etc.) están ampliamente extendidas en alumnos separados tanto geográficamente como culturalmente, y procedentes de diversos niveles educativos tanto preuniversitarios como universitarios, e incluso también aparecen reflejadas en los libros de texto (González García y Tamayo Hurtado, 2000; Jiménez Aleixandre, 1990; Jiménez Tejada et al., 2002)

Entre las ideas que aparecen en los estudiantes es frecuente que piensen que el cambio evolutivo ocurre como resultado de necesidades, sin entender que una población puede cambiar a lo largo de generaciones debido a cambios en las proporciones entre individuos que llevan determinados rasgos. Para el alumnado el cambio de las características ocurre gradualmente afectando a todos los individuos de la especie de forma simultánea (Brumby, 1984; Bishop y Anderson, 1990) debido a que consideran como responsable de la evolución a la adaptación individual a un ambiente determinado.

A la existencia y persistencia de estas concepciones erróneas contribuyen y han contribuido varios factores que están estrechamente relacionados entre sí. Los alumnos desconocen o tienen nociones inadecuadas de algunos principios básicos de genética (Halldén, 1988; Jiménez Aleixandre, 1990; Ramorogo y Wood-Robinson, 1995; Grau y de Manuel, 2002; Ayuso y Banet, 2002; Jiménez Aleixandre, 2002; Grau y de Manuel, 2002; de la Gándara y Gil, 2002, etc.). Entre ellas cabe destacar:

- Las mutaciones son definidas como cambios, no necesariamente de la información genética, que pueden ocurrir a un organismo a lo largo de su vida. A veces se utilizan para explicar la herencia de algunos caracteres de difícil comprensión para los estudiantes. También existe una creencia generalizada de que las mutaciones ocurren por necesidad ante situaciones de supervivencia de los organismos, pero no ocurrirían si no suponen ninguna ventaja adaptativa.

- Aceptar a la herencia como mecanismo conservador de semejanzas y no también como responsable de las diferencias.
- Las mutaciones como fuente de variabilidad no son aceptadas por todos los alumnos, estando parcial o totalmente de acuerdo en que influyen la necesidad, el esfuerzo o el propósito (Wallin et al., 2000).

La evolución entendida como un proceso individual y que ocurre durante la vida del ser vivo es una preconcepción muy frecuente entre los estudiantes (Deadman y Kelly, 1978; Brumby, 1979, 1984; Jiménez Aleixandre, 1990; Grau Sánchez, 1993). Estas concepciones llevan consigo en el alumnado una ausencia de pensamiento probabilístico y una falta de comprensión de la escala temporal a la que ocurre la evolución (Deadman, 1976; Brumby, 1979; Jiménez Aleixandre, 2002). Pero también subyace un pensamiento antropocéntrico, pues se le atribuye a los organismos la posibilidad de poder realizar esfuerzos conscientes para solventar problemas o necesidades y poder así sobrevivir (Grau y de Manuel, 2002). Este pensamiento puede estar relacionado con la visión que tiene la sociedad sobre la evolución cultural, pues la evolución cultural es en gran parte lamarckista (Prevosti 1994, 1997), y este hecho puede ser también responsable del uso inadecuado de ciertos términos, como evolución, adaptación o especie, tanto en los medios de comunicación como en la vida cotidiana, que revierten en las concepciones del alumnado.

Para entender como ocurre la evolución mediante selección natural es necesario tener desarrollado un pensamiento poblacional asociado a la variabilidad intraespecífica (Tamayo Hurtado y Troncoso, 1998); sin embargo, es raro que se una la idea de variabilidad intraespecífica a la de selección natural (Deadman, 1976; Brumby, 1979; Jiménez Aleixandre, 1991, 2002). A pesar de convivir con la variabilidad presente en nuestra especie y en otras próximas a nosotros (gatos, perros, palomas, maíz, manzanas, peras, etc.) parece pesar más el pensamiento tipológico presente en la sociedad y también en el alumnado (Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993; Berzal de Pedrazzini, 2001; Capítulo 3) que impide quizá apreciarla.

Entre las recomendaciones que hacen diversos autores al profesorado se encuentran diversos puntos comunes. En cualquier caso siempre se debe partir de las ideas previas de los alumnos (Brumby, 1984; Engel y Wood-Robinson, 1985; Gené, 1991; Jiménez Aleixandre, 1991) y desarrollar actividades que provoquen el conflicto conceptual para que los alumnos puedan abandonar sus concepciones alternativas a favor de otra mejor que explique las situaciones que han propiciado el conflicto (Gené,

1991; Jiménez Aleixandre, 1991). De esta forma se propiciará la discusión para que el alumnado tome conciencia de su forma de pensar y de sus razonamientos (Grau y de Manuel, 2002). Jiménez Aleixandre (2002) propone que se realicen actividades de comparación pues, indica también, uno de los motivos por los que al alumnado le resulta difícil cambiar sus ideas es porque no perciben las explicaciones “darwinista” y “lamarckista” como modelos incompatibles. Para la elaboración de estas actividades se recomienda que traten problemas y situaciones próximas a ellos (Brumby, 1984; Engel y Wood-Robinson, 1985; Grau y de Manuel, 2002). El uso de la historia de la Biología debe tenerse en cuenta como una estrategia didáctica nada desdeñable (Engel y Wood-Robinson, 1985; Gené, 1991; Jiménez Aleixandre, 2002), pues a los alumnos se les presenta la oportunidad de ser conscientes de la perspectiva que utilizan en sus explicaciones (Jiménez Aleixandre, 2002). Gené (1991) utilizó una unidad didáctica cuyo hilo conductor fueron aspectos clave para la construcción de la teoría de la evolución por la selección natural, obteniendo resultados bastante esperanzadores.

Numerosos estudios (Jiménez Aleixandre, 1990; Ramorogo y Wood-Robinson, 1995; Ayuso y Banet, 1998) avalan que los conocimientos de los alumnos sobre las bases genéticas de la evolución dejan mucho que desear. Así pues, diversos autores (Jiménez Aleixandre, 1991; Ayuso, 2000; Ayuso y Banet, 2002; Grau y de Manuel, 2002; de la Gándara y Gil, 2002) recomiendan que se establezcan vínculos entre el estudio de la genética y la evolución. Una vez que los alumnos han estudiado los aspectos básicos de la herencia biológica, Ayuso y Banet (2002) proponen una serie de actividades que faciliten la comprensión de la evolución, fundamentalmente incidiendo en la reproducción y variedad en la descendencia, las causas de variabilidad intraespecífica, la aparición espontánea de mutaciones y el concepto de especie. Los mismos autores han podido comprobar la eficacia de la propuesta, observando que se favorece la facilidad con que los alumnos comprenden la teoría neodarwinista.

También es conveniente utilizar actividades de simulación que faciliten la aplicación del modelo “darwinista”, analizar noticias de prensa para discutir las interpretaciones antropomórficas y “lamarckistas” que con frecuencia aparecen en ellas (Jiménez Aleixandre, 2002) y, en la misma línea, utilizar anuncios en los que también suelen estar presentes estas interpretaciones a través del lenguaje y de las imágenes.

Anteriormente se ha comentado la necesidad de utilizar actividades donde se trabaja el concepto de especie y donde se pongan de manifiesto las causas de la variabilidad intraespecífica para comprender la evolución por selección natural. Varios

autores han propuesto actividades donde se plantea la existencia de variabilidad y supervivencia diferencial (Egea et al. 1996; Ayuso, 2000; Grau y de Manuel, 2002; Jiménez Aleixandre, 2002 —adaptado de Bishop y Anderson, 1986—, etc.). Algunas de ellas, como la de Egea et al. o las de Ayuso, se han aplicado en las aulas con resultados positivos. Propuestas similares incluso aparecen en algunos libros de texto, bien como ejemplos, (Fig. 1.1 izquierda), bien como actividades (Figs. 1.1 derecha, 1.2 y 1.3).

Figura 1.1. Un ejemplo en un libro de texto (izquierda) y una actividad donde se plantea la existencia de una relación entre la variabilidad en los individuos de una población y una supervivencia diferencial (tomados del libro Biosfera, Biología 4º ESO. 1998, SM).



Para que comprendas mejor como actúa la selección natural, te proponemos el siguiente juego:

- a) Supongamos que en una casa de campo vive una población de 40 ratones. La mitad son de color claro y la otra mitad de color oscuro. Recorta 20 tarjetas de cartulina negra, que representarán a los ratones de pelaje oscuro, y 20 de cartulina blanca, para representar a los ratones de pelaje blanco. El carácter oscuro es dominante sobre el blanco. Escribe en cada tarjeta un genotipo que se corresponda con el fenotipo que representa la tarjeta.
- b) En la casa hay un gato que caza por la noche. Los ratones de color claro son más fáciles de ver en la oscuridad, y la mayoría de presas son de este color. Elimina de tu población 15 ratones claros y 2 oscuros.
- c) En la época de la reproducción se forman parejas. Explica mediante las tarjetas qué tipos de parejas pueden formarse, y cómo podría ser su descendencia.
- d) Suponiendo que cada ratón se aparee con una única pareja:
 - ¿Cuántas parejas podrían formarse y cómo serían?
 - ¿Cómo afectarían estos emparejamientos a la descendencia?
 - ¿Se parecería la nueva población a la inicial? ¿Por qué?
- e) ¿Qué pasaría si el gato muriese y se instalaran ratoneras? ¿Cómo es previsible que evolucione la población?

Figura 1.2. Actividad donde se plantea la existencia de variabilidad en los individuos de una población (tomados del libro Biosfera, Biología 4º ESO. 1998, SM).

STUDIANDO LA VARIABILIDAD DE UNA ESPECIE

Nos informamos

Para realizar estudios de variabilidad de las especies, los científicos deben realizar muchas observaciones, recoger datos, analizarlos e interpretarlos. Se puede considerar un carácter determinado, que sea hereditario, estudiarlo en una población y observar cómo evoluciona en su descendencia.

La experiencia

Vamos a estudiar la variabilidad en el tamaño de las semillas de un tipo de judías.

- Se cogen 25 judías blancas del mismo tipo y se ponen en remojo durante unas horas, para ablandar la piel.
- Se quita la piel y se separan los dos cotiledones que forman la semilla y a continuación se mide la longitud mayor de uno de los cotiledones con una regla (con una aproximación de 1/2 milímetro) o con un calibre y se anota. Esta operación se debe realizar con las otras 24 semillas.




Forma de medir la longitud de los cotiledones.

Los resultados

Para recoger los resultados de las medidas se construye una tabla agrupando el número de semillas del mismo tamaño. Posteriormente se realiza una gráfica, que represente la distribución de la medida de los cotiledones en la población estudiada, como la que se muestra a la derecha. De esta forma se podrán interpretar correctamente los resultados obtenidos.

Longitud del cotiledón	Número de semillas de la misma medida
9,5 mm	7
10 mm	12
12 mm	5
13 mm	1



INTERPRETA LOS RESULTADOS

- ¿Cuál es la longitud más frecuente en los cotiledones de las semillas estudiadas?
- Los cotiledones de las semillas contienen alimentos que utiliza la planta cuando germina y comienza a desarrollarse. ¿Qué semillas tendrán más probabilidades de sobrevivir: las grandes o las pequeñas? Explica por qué.
- Si plantaras las cien semillas estudiadas y se cruzasen entre sí, ¿cómo crees que serían las semillas más abundantes de la descendencia? Razona tu respuesta.

Figura 1.3. Actividad donde se plantea la existencia de una relación entre la variabilidad en los individuos de una población y una supervivencia diferencial (tomada del libro Darwin, Biología y Geología 4º ESO. 1998, SM).

Simulación de un proceso de evolución natural

El objetivo de esta experiencia es simular la influencia que tienen los depredadores en la selección natural.


Procedimiento

- Con plastilina, confeccionar 30 bolitas verdes y 30 marrones. Mezclar plastilina de los dos colores y hacer con ella otras 30 bolitas. Cada una de estas bolitas representa un organismo, por ejemplo, escarabajos.
- Sobre la cartulina verde se colocan los 90 «escarabajos» esperando la acción del «depredador»; en este caso, un alumno, que tiene que atrapar el mayor número de «escarabajos» en un tiempo determinado, por ejemplo 20 segundos.
- Anotar el número de «escarabajos» atrapados y su color. Repetir esta experiencia tres veces con distintos «depredadores» y extraer la media de los valores obtenidos.
- Realizar la prueba otras tres veces, pero en esta ocasión situando los «escarabajos» sobre la cartulina marrón. Anotar el número y el color de los que se atrapan en cada caso y sacar la media.
- Rellenar la siguiente tabla de datos:

Escarabajos	Primera experiencia: cartulina verde		Segunda experiencia: cartulina marrón	
	N.º (media)	%	N.º (media)	%
Verdes				
Marrones				
Mezclados				

MATERIAL

Reloj con cronómetro.
 Dos cartulinas, una de color verde y otra de color marrón.
 Plastilina de los mismos colores que las cartulinas.



CUESTIONES

- En la primera experiencia, ¿supone alguna ventaja, de cara a la supervivencia, ser un escarabajo de color verde ser de color marrón? ¿Y ser un escarabajo «manchado»? Razonar adecuadamente la respuesta.
- En la segunda experiencia, ¿supone alguna ventaja, de cara a la supervivencia, ser un escarabajo de color marrón ser de color verde? ¿Y ser un escarabajo «manchado»? Razonar adecuadamente la respuesta.
- ¿Representa esta experiencia un proceso de selección natural? Comentar algún caso que conozcas en el que ocurra algo parecido a lo que aquí se ha experimentado.

Esta necesidad de utilizar actividades en las que se trabajan los conceptos de población y especie no es paralela a la dedicación mostrada desde la investigación en didáctica de la biología a ambos conceptos. Son pocos los estudios dedicados exclusivamente a ellos.

Adeniyi (1985) ha investigado las ideas de los alumnos nigerianos sobre diversos aspectos de ecología, centrándose en flujo de energía, ciclo de nutrientes y conceptos ecológicos básicos. Destaca de su investigación que los alumnos tienen dificultades para definir o describir los conceptos de ecosistema, comunidad, población y hábitat, y presentan confusiones al intentar hacer comparaciones entre ellos. También confunden población y comunidad biótica con población y comunidad humana. Las relaciones alimentarias son la causa que mayoritariamente señalan los alumnos como responsables de las fluctuaciones en la poblaciones, apreciándose que para la dinámica de poblaciones las respuestas que dan siguen modelos teleológicos y antropomórficos. Estas ideas alternativas que en algunos alumnos están presentes antes de su instrucción, pueden ser el resultado de dicha instrucción en otros alumnos.

Develay y Ginsburger-Vogel (1986) incluyen una revisión histórica sobre la población y su dinámica, pero también hacen una revisión en textos de ecología de las definiciones de dicho término. Indican que en todas se define como “conjunto de individuos de la misma especie que viven en un determinado momento”, siendo rara la presencia de perspectivas dinámicas en la definición o la mención de intercambio genético entre poblaciones de la misma especie, aunque existen ciertas diferencias, pues encuentran que en una se incluye una perspectiva dinámica al introducir la demografía, en otra se habla de dinámica en el espacio, de características del medio y de intercambio de genes entre poblaciones, y en otra se le da una dimensión social al considerar que hay población cuando hay estructura social. Estos autores también comentan las actividades que se propusieron en el aula para abordar la densidad demográfica, la ocupación espacial, los factores abióticos y las relaciones inter e intraespecíficas. En una de ellas se les presentaba a los alumnos un texto en el que se hablaba de las relaciones tróficas entre líquenes y caribúes para que explicaran la disminución de la población de caribúes. Escasos alumnos dieron las respuestas adecuadas pues, al parecer habían leído un texto en el que se comentaba el problema descrito, mientras que el resto de los alumnos o no apreciaban ningún tipo de relaciones o bien apreciaban relaciones con diferentes grados de complejidad. Los autores hablan también de los obstáculos de la noción de especie, entre los que destacan los criterios de identificación, la interfecundidad y por último asociado a la dimensión temporal la especiación. Concluyen con una propuesta de actividades relacionadas con estructura demográfica y densidad, fecundidad y noción de generación, relaciones intraespecíficas en las poblaciones y relaciones interespecíficas entre poblaciones.

Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993) realizaron un estudio entre estudiantes argentinos sobre los conceptos de población y especie que se amplió a lo que posteriormente constituyó la tesis doctoral de Berzal de Pedrazzini (2001), una investigación extensa y minuciosa, en la que además se incluyó una revisión de los programas educativos y de los libros de texto editados entre 1978 y 1996 en Argentina y entrevista a profesoras. Entre sus resultados destacar lo siguiente:

De los programas educativos, indican que en ellos predomina el enfoque meramente descriptivo, tan solo de algunos conceptos, sin dedicarle interés al significado biológico, a un planteamiento más dinámico ni a la dimensión evolutiva. De los programas deducen que el estudio de individuo, población y especie no son importantes para comprender otros conceptos. El tema de evolución está ausente o su presencia es escasa igual que ocurre con los planteamientos históricos de la biología.

En los libros de texto analizados observan que se repite el planteamiento sugerido en los programas educativos, aunque en los editados a partir de 1995 hay una mayor apertura en el planteamiento del concepto de población y un enfoque más dinámico, ocupando un lugar central la diversidad biológica, el origen y la evolución de la vida. La estructura y dinámica de poblaciones se plantea con distinto grado de importancia, predominando un enfoque descriptivo. Respecto al concepto de especie en los libros de texto, encuentran una visión tipológica y morfológica en algunos, aunque en otros también se reconoce la interfecundidad y existencia de barreras reproductivas, e incluso en algunos se identifica a las especies como poblaciones que intercambian genes, aproximándose al concepto biológico de especie.

En las entrevistas a las profesoras, todas coinciden en que en el concepto de especie predomina la sistemática y se transmite dicho término de forma restringida. También indican la importancia del tema de población y la necesidad de incluirlo en la formación inicial del profesorado. Comentan que su aprendizaje es de gran interés por contribuir a la comprensión de la biología, debido a su carácter integrador y a la posibilidad de aplicar la metodología científica. Para introducir la población y su campo conceptual proponen que se haga utilizando como eje la evolución biológica y la genética de poblaciones, aunque saben de las dificultades que puede suponer; así mismo proponen la inclusión de actividades o trabajos de campo, aunque igualmente conocen que no es fácil. De su experiencia docente señalan que los alumnos sólo se aprenden las definiciones, pero no establecen relaciones entre población y especie y confunden el primer concepto con el de comunidad, siendo frecuente la definición tipológica de

especie. Le dan un gran valor a la indagación en el aula y a la formación y actualización docente, considerando de gran interés la lectura de bibliografía seleccionada.

De las encuestas al alumnado se aprecia que la totalidad interpretan a la población como agregado de individuos, predominando las ideas antropocéntricas en los conceptos de individuo y población. Las referencias al espacio son frecuentes entre el alumnado y corresponden en varios casos con la visión del hábitat como un todo global. La variable tiempo es escasa, y se tiene en cuenta asociada a ejemplos muy concretos, lo que supone un obstáculo para comprender procesos asociados a la dinámica de poblaciones, siendo mayor para períodos largos de tiempo.

La relación entre población y especie la establecen pocos alumnos. Con frecuencia asimilan especie con raza de los individuos, y también suele aparecer el concepto tipológico de especie, aceptando que los organismos de la misma especie presentan rasgos distintivos y semejanzas morfológicas, pero no manifiestan la necesidad de barreras reproductivas ni de descendencia fértil entre ellos. Las relaciones depredador-presa son comprendidas por gran parte del alumnado, pero tienen dificultades para explicar las fluctuaciones en ambas poblaciones, lo que explican básicamente por factores extrínsecos como el clima.

En estudios posteriores al de Berzal de Pedrazzini no se investiga específicamente sobre el concepto de población o especie, sino sobre diversos conceptos de ecología, incluida la dinámica de poblaciones; tal es el caso de la tesis doctoral de Brero Peinado (1997). En ella hay resultados similares a los encontrados por Adeniyi, Develay y Ginsburger-Vogel u otros investigadores para la dinámica de poblaciones, pues el autor observa que un gran número de alumnos asume las relaciones alimentarias como causante de las fluctuaciones de las poblaciones, siendo pocos los que mencionan relaciones de tipo reproductivo. Hay también alumnos que argumentan que los cambios en las poblaciones son producidos por catástrofes naturales. Según los alumnos consultados, los cambios que se producen en una población afectan a la más próxima o a otras pero ese efecto es siempre en una sola dirección. Brero concluye que conforme los alumnos progresan en la instrucción responden más adecuadamente sobre los conceptos ecológicos, si bien esto no ocurre con el concepto de nivel trófico ni con la dinámica de poblaciones.

En 1999, Korfiatis y otros publican una investigación sobre la enseñanza de la dinámica de poblaciones a alumnos universitarios. En su artículo indican que se necesitan ricos antecedentes conceptuales y también una buena base matemática para su

aprendizaje. Los autores compararon el aprendizaje de dicha materia mediante lecturas y experimentos de laboratorio con el obtenido mediante el uso de un programa informático de simulación, observando que este último era mucho más eficaz, sobre todo en lo referente a las fluctuaciones en las poblaciones. En el artículo también queda reflejada la opinión del alumnado, que manifestó estar de acuerdo con la utilidad del programa utilizado al verse implicados directamente en su propio aprendizaje.

Magro y otros (2002) investigaron sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ecología. Para ello repartieron a los alumnos un texto sobre la especie *Enhydra lutis* y otro en el que se describían las características de las especies asociadas a la anterior mediante la red trófica de la que todas formaban parte. Para poner de manifiesto las ideas de los alumnos, se les hicieron preguntas en las que tenían que definir conceptos relacionados con la ecología y otras en las que tenían que aplicar sus conocimientos en dicha disciplina; observaron que la enseñanza mediante definiciones de conceptos no es útil para entender los mecanismos naturales implicados en el funcionamiento de los ecosistemas, y que el aprendizaje obtenido de esta forma no es significativo ni duradero.

Otra investigación sobre la enseñanza de la dinámica de poblaciones es la de Nevanpää y Law (2006), en la que indican la importancia de la misma para comprender el funcionamiento de los sistemas naturales, y las dificultades de su aprendizaje debido a la complejidad de los modelos matemáticos implicados en ella. Comentan también las dificultades que tienen los alumnos para pasar al nivel poblacional, relacionándolas con las representaciones antropocéntricas que poseen de la naturaleza. En la investigación utilizan un programa de simulación que ayudó, a los alumnos que lo utilizaron, a comprender mejor conceptos como capacidad de carga, relación depredador-presa, fluctuaciones de poblaciones y competencia interespecífica.

Una experiencia interesante de aprendizaje sobre el funcionamiento de los ecosistemas es la llevada a cabo por Magntorn y Helldén (2007). La instrucción con alumnos de 10-12 años consistió en diversas fases, que comenzaban con una discusión en el aula sobre la tarea a estudiar y la intervención del profesor. Seguidamente se complementaba con trabajos de campo en un entorno próximo, recolectándose a veces material que se llevaba al aula. En distintos momentos, a lo largo de la instrucción, los alumnos fueron entrevistados, utilizándose material recolectado y fotos realizadas en el ecosistema investigado para que establecieran el máximo número posible de relaciones. Los resultados muestran que conforme se avanzaba en la instrucción aumentaba el

número de alumnos que eran capaces de establecer el máximo de relaciones entre los componentes del ecosistema que se mostraban.

Para concluir, podemos hacer una breve semblanza de las dificultades que con más frecuencia aparecen en la enseñanza y aprendizaje de la ecología y de la dinámica de poblaciones. Los alumnos con frecuencia tienen dificultades para diferenciar diversos conceptos de ecología que muchas veces utilizan como sinónimos, tal es el caso de las nociones de población, comunidad y especie; también la tienen para establecer relaciones complejas entre los componentes de los ecosistemas. La dinámica de poblaciones es difícil de comprender en parte por los modelos matemáticos que se necesitan, y las fluctuaciones que se dan en ellas son explicadas mayoritariamente por relaciones de tipo alimentario. Parece claro que una instrucción tradicional, en la que se hace una transmisión basada únicamente en la definición de conceptos, no es la adecuada si se pretende conseguir un aprendizaje significativo, mientras que el uso de programas de simulación o los trabajos de campo parecen dar buenos resultados en la instrucción sobre la ecología.

Capítulo 2. Justificación de la investigación sobre los conceptos
de población y especie

Capítulo 2. Justificación de la investigación sobre los conceptos de población y especie

2.1. Justificación de la investigación

El estudio de la historia de las ciencias a veces nos ha mostrado que los errores presentes en el alumnado fueron los mismos que surgieron a lo largo de la misma. La enseñanza de la evolución ha sido objeto de numerosos estudios, en algunos de los cuáles se hacían patentes errores conceptuales de los alumnos similares a los encontrados en la historia del evolucionismo; sin embargo, a los conceptos de población y especie no se les ha dedicado desde la didáctica tantos estudios, a pesar de que fue importante para la comprensión y aceptación de la evolución por selección natural desterrar el pensamiento tipológico a favor del pensamiento poblacional. Por este motivo con nuestro estudio pretendemos conocer las dificultades de los alumnos, especialmente universitarios, en el aprendizaje de dichos conceptos y su aplicación en casos prácticos. Para su diagnóstico hemos utilizado el cuestionario escrito y posteriormente la entrevista por las ventajas de dichos métodos. Para conocer las ventajas se puede consultar Selltiz et al. (1976) y Fox (1981). La entrevista en nuestro caso no solo sirve para esclarecer las respuestas imprecisas o no razonadas durante la encuesta previa, sino que permite debatir con las personas entrevistadas y puede ser una herramienta adecuada para provocar el cambio conceptual en ellas.

El interés de ambos términos para la biología y la evolución, también comentado en la introducción, permite que la buena comprensión de ambos y de las dificultades que conllevan, ofrezca a los alumnos una visión integradora y una perspectiva histórica de la biología además de darles a conocer la importancia de ambos en las aplicaciones prácticas de esta disciplina. En esta línea no podemos olvidar la biología de la conservación, que tanta atención despierta en la actualidad dada la velocidad a la que se están extinguiendo las especies desde el siglo XIX; y no se puede negar su relación con el tema que nos ocupa, pues la unidad básica de biodiversidad es la especie, que a la vez se considera de conservación, aunque en determinados casos se utilice a poblaciones cuyas características no se repitan en otras de la misma especie.

Como quiera que el objetivo de nuestro estudio no es hacer un inventario amplio de las definiciones de especie y población, no se ha incluido en la introducción una

recopilación exhaustiva de las que actualmente existen, aunque si hemos hecho un breve recorrido histórico sobre dichos conceptos pues entendemos que es más útil para comprender las dificultades de su enseñanza y aprendizaje. En cualquier caso existe numerosa bibliografía que nos acerca a la problemática en las definiciones de los dos conceptos, por ejemplo para el concepto de población se puede consultar Berryman (2002), Camus y Lima (2002), Schaefer (2006), y para el concepto de especie Barberá (1994), Pigliucci (2003), Mayr (2006). Tampoco se trata de una investigación sobre la evolución, si bien es fácil ver la conexión de dichos términos con ella, por ello no se ha repasado los numerosos estudios realizados desde la didáctica. Las tesis de Jiménez Aleixandre (1990) y Tamayo Hurtado (2004) son buenas referencias si se quiere conocer más sobre evolución. Otra situación a la que siempre nos hemos enfrentado en todo el mundo es la migración. Las ciudades son cada vez más multiculturales y para que su funcionamiento sea lo más armonioso posible se necesita el respeto por otras creencias y formas de vivir, en definitiva facilitar la integración social. La falsa interpretación del darwinismo, a lo largo de la historia ha traído consigo grandes errores y horrores en el pasado. La aceptación de la diversidad existente en las poblaciones de una misma especie así como la comprensión (y buena interpretación) y aceptación de la evolución por parte de los alumnos podrá contribuir precisamente en evitar estos desastres.

Las ideas que manifiesta el alumnado son un reflejo de las concepciones que poseen los profesores y de las que se muestran en los textos elegidos (Barras, 1984; Soyibo, 1993). El uso de los libros de texto asociado a los procesos educativos no es algo actual sino que ya se realizaba siglos atrás, tal es el caso de los escritos del pedagogo Comenius (1592-1670) que en parte se dedicaban a la práctica escolar de la época. Y es que el libro de texto ofrece numerosas ventajas, al recopilar información textual e icónica, hacer una propuesta didáctica que puede ponerse en práctica, siendo un recurso didáctico de primer orden para el profesor (Otero, 1997). Esas ventajas las han puesto de manifiesto numerosos autores que evidencian el uso internacional de los libros de texto como primera fuente de información en las clases de Ciencias, en comparación con otros materiales educativos, como apuntes, diapositivas, videos, etc... (Stake y Easley, 1978; Harms y Yager, 1981; Exline, 1984; Yore y Denning, 1989). También en España, el libro de texto constituye el material educativo más empleado por

los profesores de Ciencias, siendo un factor determinante del tipo de aprendizaje alcanzado por los alumnos (Jiménez Aleixandre, 1994).

Pero el interés del libro es aún mayor si tenemos en cuenta que el tiempo que los estudiantes trabajan fundamentalmente con libros de texto corresponde a las tres cuartas partes de las actividades totales; igualmente en las tareas que se asignan para realizar fuera del centro educativo, el trabajo con los textos supone la mayor parte del tiempo considerado (Goldstein, 1978). “A pesar de presentar una secuenciación de contenidos adecuada a los que se exigen en los Reales Decretos, los textos incluyen construcciones particulares de la realidad, modos peculiares de seleccionar y organizar el universo del conocimiento posible, participando en la elaboración de lo que una sociedad reconoce como legítimo y verdadero” (Berzal de Pedrazzini, 2001), por lo que contribuyen a las concepciones del profesorado y alumnado que, a veces pueden ser erróneas.

Las ideas alternativas que el profesorado tiene sobre conceptos de Biología y de otras Ciencias se generaron durante su formación académica a partir de los libros de texto y de consulta, e incluso se siguen manteniendo posteriormente durante el ejercicio de su profesión reforzándose por los textos que utilizan durante su docencia. Son estos motivos suficientes para emprender un análisis de los libros de texto que se utilizan en la enseñanza obligatoria, en el bachillerato y de los manuales especializados que manejan los alumnos universitarios.

Con cierta frecuencia el profesorado atribuye el fracaso escolar a factores externos a la propia docencia (Martínez Losada et al., 1993); sin embargo el papel que éste juega en el aprendizaje de los alumnos es básico y va más allá de la mera transmisión de conceptos, teorías y experiencias. No cabe duda que la formación científica y el conocimiento de la materia a enseñar son básicos para que el profesor desempeñe adecuadamente su función, pues no sólo influirá en reforzar o eliminar ideas poco adecuadas en los alumnos sino, que la propia percepción de sí mismo y de su eficacia como enseñante condicionará su conducta en el aula y el aprendizaje de sus alumnos. Pero el conocimiento científico en el profesor, aunque necesario, no es suficiente (Mellado, 2000). Bruner (1987) indica que las posibles dificultades del hombre moderno para comprender las matemáticas y las ciencias se hallan en no encontrar el camino adecuado y eficiente para su enseñanza. Este hecho se puede explicar porque, al menos en España, la formación en ciencias que recibe un futuro profesor de secundaria es la misma que la de aquellos que se van a dedicar a la

investigación, la industria o a la empresa (Mellado, 2000). Como el futuro docente no recibe una formación orientada a su futuro profesional, es posible que en sus intervenciones con los alumnos intente reproducir el papel de sus profesores universitarios, viéndose más como un investigador que como un educador (Mellado, 2000). Estos hechos se agravan aún más si los alumnos durante sus formación universitaria cursan asignaturas con poca relación entre sí, pues el resultado es un conocimiento fragmentado y poco integrado que será difícil de adecuar a la enseñanza secundaria (Hewson et al., 1999). Ante esta situación, nos podemos encontrar con docentes que al diseñar sus intervenciones cometan errores como ideas previas inadecuadas, organización no integrada de contenidos conceptuales, presentación inadecuada de la utilidad que tienen los conceptos para la vida cotidiana, etc., tal y como lo han puesto de manifiesto Pro y Saura (2000). Teniendo presente estos hechos hemos querido aproximarnos al enfoque que da el profesorado de secundaria y bachillerato a los conceptos de población y especie y a los temas relacionados con ellos, a través de las encuestas. Conociendo la presentación que habitualmente se hace de ambos podremos diseñar en un futuro las actuaciones más adecuadas para abordarlos con un enfoque más integrado, y en el que el profesor sea no solo un mero transmisor de conocimientos científicos sino también el eslabón que pone en contacto a los alumnos, a la ciencia y a la vida cotidiana.

La situación descrita para el profesorado de secundaria y bachillerato no dista mucho de la del profesor universitario, pues no suelen tener en cuenta las ideas previas ni los obstáculos epistemológicos de los estudiantes sobre los conceptos científicos (Calatayud y Gil, 1993) e imparten sus clases de forma similar a como ellos las recibieron, siendo el propio Consejo de Universidades (1994) el que se hace eco de la misma pues reconoce que “el profesorado (universitario) parece tener poco interés por la calidad pedagógica a la vista de los mecanismos, casi exclusivamente tradicionales que incorpora a sus clases”. Hemos querido, por tanto, conocer de primera mano las opiniones de algunos profesores universitarios implicados en la docencia de los conceptos ya mencionados.

Numerosos especialistas de diversas ramas reconocen que el desarrollo de los conocimientos y la cultura se realiza de forma compleja, híbrida, no lineal, heterogénea y transdisciplinar (Thompson, 1994), dándonos una visión de la realidad plenamente integradora, sin embargo eso choca continuamente con la que se nos ofrece a nuestro

paso por los distintos niveles educativos, quizá motivada por el cada vez mayor grado de especialización del profesorado. Esto puede generarnos una pérdida de perspectiva del medio que nos rodea, que se contrapone con la visión que hay que tener para enfrentarnos a los múltiples problemas que tiene nuestra sociedad. La contaminación, la violencia, la pobreza, etc., requieren de la cooperación de numerosos especialistas en diversas materias y de respuestas integradoras y colectivas (Pérez de los Reyes et al. 2003). Ante estos problemas, las nuevas generaciones deben estar bien preparadas para enfrentarlos y es conveniente que la interdisciplinariedad sea un principio didáctico a tener siempre presente en los diseños curriculares de los diferentes niveles educativos. El concepto de población es uno de los que se prestan al tratamiento interdisciplinar desde las ciencias, las matemáticas y la geografía, ofreciendo la oportunidad de integrar la ciencia, la tecnología y la sociedad. Este concepto, que tradicionalmente se viene tratando de forma atomizada desde las tres disciplinas y sin conexión alguna entre ellas, podría ser el eje de las mismas, al conectar problemas como el crecimiento demográfico, la pobreza o la escasez de recursos, permitiendo también el tratamiento de materias transversales como la educación ambiental o la educación para la paz. Estos motivos nos han llevado a analizar los libros de texto de Geografía, Ciencias Sociales y Matemáticas para conocer el tratamiento de dicho concepto en ellos, pero también nos ha interesado averiguar cómo lo trabaja el profesorado de dichas disciplinas. Una vez que conozcamos cuál es el trato habitual que se le da desde dichas materias, estaremos en disposición de proponer unas directrices para una implementación interdisciplinar del concepto de población.

En cada uno de los siguientes capítulos comentaremos la metodología, los resultados y discusión y las conclusiones para cada parte de la investigación. Previamente se hará una breve introducción a cada una de las investigaciones. Este formato, que puede resultar curioso a la vez que extraño, ha facilitado y facilitará el trabajo que siempre lleva asociada la difusión de los resultados obtenidos.

Capítulo 3. Los conceptos de población y especie a través de las
encuestas realizadas a los alumnos

Capítulo 3. Los conceptos de población y especie a través de las encuestas realizadas a los alumnos

3.1. Introducción

El primer paso necesario para conocer las dificultades de los alumnos, especialmente universitarios, en el aprendizaje de los conceptos de población y especie y su aplicación en casos prácticos, es obtener información sobre dichas dificultades de la forma más directa y simple posible. Hemos optado por el cuestionario como método de diagnóstico de ideas alternativas al encontrar algunas ventajas como la facilidad de aplicación, la garantía de anonimato, o el acceso a muestras amplias en un tiempo relativamente reducido (ver Selltiz et al., 1976 y Fox, 1981 para un estudio más detallado de las ventajas de estos métodos).

Así mismo, han permitido la aproximación al pensamiento de cada estudiante en un margen de tiempo suficiente como para que puedan razonar las respuestas. Por otro lado, la situación en la que se han obtenido los datos nos ha garantizado la recogida de todos los cuestionarios.

3.2. Metodología

El cuestionario seleccionado para la obtención de ideas alternativas en los alumnos está basado en el que ya utilizó Berzal de Pedrazzini (2001), lo que nos proporciona dos ventajas: nos asegura que el cuestionario ya ha sido validado y utilizado en una numerosa muestra, y presenta un tipo de preguntas similar al que el alumnado se puede enfrentar durante un examen, y con las que, por tanto, están familiarizados. Es una prueba de lápiz y papel, en la que los alumnos se identifican y responden a preguntas sobre los estudios realizados en el año académico anterior (sólo para el alumnado universitario de primer curso), licenciatura que actualmente estudian, y tres bloques de preguntas abiertas. En el primer bloque, el alumno debe diferenciar los conceptos de individuo, población y especie, en el segundo bloque ha de aplicar conocimientos sobre la dinámica de poblaciones y su regulación, y en el tercer bloque se le presenta una situación cercana a la realidad donde debe aplicar de forma práctica los conceptos sobre los que ha escrito en el primero. De esta manera se contrastan las respuestas dadas en el primer y tercer bloque por la misma persona, permitiendo así conocer cómo se

manifiestan los alumnos en dos sistemas de referencia, como son el contexto teórico y el práctico (Serrano, 1987). La encuesta realizada se detalla en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Encuesta ofrecida a los estudiantes objeto de este estudio.

<p>Licenciatura que estudia.....Curso.....</p> <p>Nombre y apellidos (sólo si desea identificarse):</p> <p>Cuestión 1. Explica las diferencias que existen entre los siguientes pares de palabras:</p> <p>1.1 Individuo y población.</p> <p>1.2 Población y especie.</p> <p>Cuestión 2. Linneo calculó que si una planta anual produce tan sólo dos semillas y las plantitas salidas de ellas producen al año siguiente dos, y así sucesivamente, a los treinta años habría millones de plantas descendientes de la planta original. Contesta las siguientes preguntas:</p> <p>2.1 ¿Qué tuvo en cuenta Linneo para efectuar su cálculo?</p> <p>2.2 ¿Cómo sería la curva que represente mejor los cálculos de Linneo (haz una representación)?</p> <p>2.3 ¿Qué factores actúan en condiciones naturales impidiendo que suceda el aumento del número de descendientes tal como lo describe Linneo?</p> <p>Cuestión 3. Unos biólogos estudiaron tres poblaciones de aves: A, B y C. Observando que en condiciones naturales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la población A se puede cruzar con la B, - la población B se puede cruzar con la C, - la población A y C no pueden cruzarse entre sí. <p>3.1 ¿Cuántas especies de aves están implicadas en este estudio?</p> <p>3.2 ¿Cuántas poblaciones quedarían si la población A desapareciera?</p> <p>3.3 ¿Cuántas especies habría si desapareciera la población B?</p> <p>Explica el razonamiento que determina tus respuestas.</p>
--

Las categorías de las respuestas no se establecieron *a priori* sino que, como se ha hecho en otros trabajos (Jiménez Aleixandre, 1989), se hizo un preanálisis de ellas, encontrando que se podía utilizar la categorización establecida por Berzal de Pedrazzini (2001), aunque con algunas modificaciones. Para cada pregunta las categorías han sido ordenadas, asignándoles el número menor a la ausencia de respuesta o las respuestas incoherentes o disparatadas, y el mayor a la más adecuada. Las categorías quedaron como se indica:

1.1. Individuo y población

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable: Se incluye aquí tanto la ausencia de respuesta como la respuesta que por ser disparatada o incoherentes no puede clasificarse.

Nivel 1. Mención exclusiva a seres humanos y su población con o sin mención de espacio y/o tiempo: Se relaciona al individuo y a la población con los seres humanos sin mencionarse a otros seres vivos, pudiendo o no especificarse espacio y/o tiempo.

Nivel 2. El individuo como uno y la población como muchos, sin mención del concepto de especie: Se identifica cada concepto con el número de seres pero sin mencionar en ningún momento la especie.

Nivel 3. Se considera el concepto de especie al hablar de la población: Cuando se define a la población como conjunto de seres de la misma especie.

Nivel 4. Nivel 2 y/o Nivel 3 incluyendo las variables de espacio y/o tiempo: Respuestas que se podrían incluir en el nivel 2 o en el 3 pero que incluyen las variables de espacio y/o tiempo.

1.2. Población y especie

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable: Se incluye aquí tanto la ausencia de respuesta como la respuesta que por ser disparatada o incoherente no puede clasificarse.

Nivel 1. Menciones antropomórficas o ligadas al concepto de raza para la población: Se relaciona a la población y a la especie con el ser humano. Los seres humanos con diferentes características se asocian a grupos de especies distintas

Nivel 2. Confusión de especie con reino. Confusión de población con comunidad: Cuando se habla de especies animales, vegetales, o cuando se identifica población con comunidad al especificar que una población está integrada por especies diferentes.

Nivel 3. Definición tipológica (morfológica de especie): Los seres vivos con características similares se agrupan en la misma especie.

Nivel 4. Especie integrada por varias poblaciones con o sin mención de reproducción: La especie puede estar formada por numerosas poblaciones. Las poblaciones suponen un espacio y tiempo concreto pero no así la especie.

Nivel 5. Se considera la interfecundidad entre individuos: Se menciona la posibilidad de reproducción entre miembros que pertenecen a la misma especie. Se puede incluir además el que la descendencia obtenida sea fértil pero en ningún momento se habla de que haya aislamiento reproductor con respecto a otras especies diferentes.

Nivel 6. Concepto biológico de especie: Poblaciones interfecundas aisladas reproductivamente de otros grupos análogos. Se puede mencionar la existencia de flujo génico en individuos que pertenecen a la misma especie.

2.1. Cálculos de Linneo

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable: Se incluye aquí tanto la ausencia de respuesta como la respuesta que por ser disparatada o incoherente no puede clasificarse.

Nivel 1. Respuestas simples o de contenido matemático: Respuestas con un razonamiento sencillo o que incluyen algún contenido matemático bien en forma de comentario o de fórmula.

Nivel 2. Respuestas que reiteren el mismo contenido del texto de la pregunta.

Nivel 3. Se considera la capacidad reproductiva de la planta.

Nivel 4. Se considera la capacidad máxima de reproducción de la planta (potencial biótico o reproductivo).

2.2. Gráfico

Habilidad para representar en ejes: Se mencionan los tipos de funciones dibujados por los alumnos (lineal, exponencial maltusiana, otros tipos como la de crecimiento sigmoideal) y también si gráficamente son de un tipo y la denominan de forma diferente.

2.3. Factores condicionantes

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable: Se incluye aquí tanto la ausencia de respuesta como la respuesta que por ser disparatada o incoherente no puede clasificarse.

Nivel 1. Visiones antropocéntricas o ecologistas simples: Incluyen factores limitantes específicos del crecimiento demográfico de la población humana o dan explicaciones “simples”, algunas de tipo catastrofista, pero relacionadas con el medio ambiente.

Nivel 2. Nombra factores bióticos o abióticos (sólo de un tipo).

Nivel 3. Nombra factores bióticos y abióticos.

3. Razonamientos para indicar el número de especies y poblaciones de aves

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable: Se incluye aquí tanto la ausencia de respuesta o razonamiento, como la respuesta que por ser disparatada o incoherente no puede clasificarse.

Nivel 1. Identifica población con comunidad: En el razonamiento especifican que puede haber más de una especie en cada población.

Nivel 2. Especie igual a población: Identifican población con especie incluyendo a veces como especies nuevas las que salen de los cruces entre las otras. Utilizan indistintamente población y especie en sus razonamientos.

Nivel 3. Concepto morfológico-tipológico de especie: Los seres vivos con características similares se denominan de la misma forma y pertenecen a la misma especie.

Nivel 4. Se considera la reproducción e interfecundidad entre individuos: Se menciona la posibilidad de reproducción entre miembros que pertenecen a la misma especie pero no se considera el flujo génico entre A y C aunque directamente no lo haya. Se incluyen respuestas en las que cada población es una especie diferente cuando en el razonamiento se habla de híbridos no fértiles.

Nivel 5. Concepto biológico de especie: Poblaciones interfecundas aisladas reproductivamente de otros grupos análogos. Son especies diferentes no sólo las que no pueden realizar físicamente la reproducción sino aquellas entre las que no hay flujo génico. También se incluyen respuestas en las que se introducen otros razonamientos relacionados con la especiación.

El estudio incluye a alumnos que cursan diversas licenciaturas, mayoritariamente científicas y tecnológicas, aunque un grupo reducido pertenece a lo que tradicionalmente se ha denominado “carreras de letras”, y otro está formado por alumnos de 1° de Bachillerato (Tabla 3.1). Mayoritariamente son alumnos españoles, excepto los que cursan Pedagogía en Ciencias que son alumnos de la Universidad Católica del Maule, Talca (Chile).

Tabla 3.1. Espacio muestral completo para la encuesta presentada a los alumnos, detallando curso, licenciatura, nivel académico, y asignatura de la licenciatura en la que se les presentó la encuesta. * Alumnos chilenos.

ASIGNATURA	CURSO ACADÉMICO	LICENCIATURA (O ETAPA)	Nº ALUMNOS	NIVEL ACADÉMICO
Didáctica de la Biología y Geología	2005/2006	Biología	34	Todos
		Química	1	2º
		Geología	7	1º y 5º
Didáctica de la Biología y Geología	2006/2007	Biología	70	Todos
		Química	7	3º y 4º
		Geología	8	1º, 2º y 5º
		Ciencias Ambientales	2	4º y 5º
Genética de poblaciones	2005/2006	Biología	29	3º a 5º
Genética de poblaciones	2006/2007	Biología	13	3º
Ecología	2006/2007	Bachillerato	7	1º
Biología y Geología	2006/2007	Bachillerato	11	1º
Ecología	2006/2007	Ciencias Ambientales	14	2º
Ecología teórica y evolutiva	2006/2007	Biología	10	5º
Paleontología y evolución	2006/2007	Geología	1	2º
		Biología	8	2º a 5º
Paleobiología	2006/2007	Geología	29	3º a 5º
Zoología (1)	2006/2007	Biología	46	1º
			2	3º
Zoología (2)	2006/2007	Biología	23	1º
			1	2º
Biología Celular	2006/2007	Pedagogía en Ciencias*	62	2º
Evolución	2006/2007	Pedagogía en Ciencias*	24	4º
¿?	2006/2007	Matemáticas	19	Todos
Electrónica	2006/2007	Ingeniería electrónica	5	4º y 5º
		Física	10	3º
Física	2006/2007	Telecomunicaciones	46	2º
			3	3º
Educación para la salud y consumo	2006/2007	Magisterio	9	3º
			106	1º
Historia	2006/2007	Historia	25	1º a 5º

Para el análisis de las respuestas se han eliminado de la muestra aquellos casos en los que faltaban datos que eran necesarios para el propósito del estudio. Además se han agrupado algunos de los casos con el grupo más afín, para que los tamaños muestrales fueran suficientes. El resultado de estas agrupaciones se ofrece en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Grupos establecidos con las encuestas recibidas para el análisis de resultados.

Grupo-licenciatura	Tamaño muestral	Licenciatura
Bachillerato	18	--
Ciencias Ambientales	16	Ciencias Ambientales
Historia	25	Historia
Biologías	319	Biología Pedagogía en Ciencias
Física-Química	24	Física Química Ingeniería Electrónica
Geología	43	Geología
Maestros	103	Magisterio Educación Infantil Magisterio Educación Primaria
Matemáticas	18	Matemáticas
Telecomunicaciones	49	Ingeniería de Telecomunicaciones

Como quiera que la formación básica recibida por los alumnos que llegan a la universidad depende del bachillerato elegido, influyendo ésta en lo que posteriormente recuerdan de ella, podemos predecir, estableciendo como hipótesis, que los alumnos procedentes del bachillerato de Humanidades-Sociales darán respuestas menos acertadas que los que proceden del de Ciencias de la Salud.

También establecemos como hipótesis de estudio que los alumnos que cursen Biología, Ciencias Ambientales o Pedagogía en Ciencias deberán mostrar respuestas mejores que el resto, e igualmente predecimos que los alumnos que están en cursos superiores de la licenciatura de Biología darán contestaciones más acertadas que los de los primeros cursos.

Trabajar los conceptos de población y especie con alumnos de 1º de Biología antes o después de haber realizado la encuesta también deberá ser un factor que influya en sus respuestas. Por ello hemos separado los dos grupos de Biología de 1º en función de si han estudiado ya (Zoología 2) o no (Zoología 1) estos conceptos.

Más difícil es establecer una previsión sobre las diferencias entre los alumnos españoles que cursan Biología y los chilenos que cursan Pedagogía en Ciencias, aunque, ante la falta de un criterio claro, lo esperable sería que no hubiera diferencias significativas. En este caso se han comparado, por semejanzas en los planes de estudios, los alumnos de 2º Chile con los de 1º de España que no han trabajado aún los conceptos, y los de 4º chilenos con los de 3º españoles.

Cuadro 3.2. Programas de las licenciaturas en Chile y en España. En España, las asignaturas en negrita son de curso completo (aunque aparecen siempre en el primer cuatrimestre), y las optativas aparecen en cursiva. (Para más detalles sobre el temario en Chile (Talca) ver www.ucm.cl, y en España (Granada) ver www.ugr.es).

Curso	Semestre	Chile	España
1°	I	Ciencias Integradas I Matemáticas I Inglés I Filosofía I Proc. Aprendiz. Ámbito Escolar I	Botánica Matemáticas Química Zoología <i>Edafología</i> <i>Parasitología</i>
	II	Ciencias Integradas II Ciencias Integradas III Matemáticas II Filosofía II Proc. Aprendiz. Ámbito Escolar II	<i>Antropología</i> Bioestadística Física de los procesos biológicos
2°	III	Lenguaje y Comunic. Div. Cient. Lab. de Mat. Didáct. I Estadística Aplicada Ciencias Inglés II Educación y Sociedad Didáctica General Didáctica de las CC. Exper.	Bioquímica Citología e Histología Ecología Genética <i>Micología Aplicada</i> <i>Génesis y Cartografía de Suelos</i> <i>Parasitología Analítica</i>
	IV	Química Orgánica Biología Celular Lab. de Mat. Didáct. II Morf. y Fisiol. Vegetal I Epistemología de las Ciencias Informática Educativa	<i>Entomología</i>
3°	V	Bioquímica Lab. de Mat. Didáct. III Morf. y Fisiol. Vegetal II Morf. y Fisiol. Animal I Introducción a la Fe Política y Gestión Educativa Metodología de Investigación	Fisiología Animal Fisiología Vegetal Microbiología <i>Citogenética</i> <i>Genética Humana</i> <i>Genética de Poblaciones</i> <i>Organografía Microscópica Animal</i> <i>Botánica Marina</i> <i>Limnología</i>
	VI	Lab. de Mat. Didáct. IV Morf. y Fisiol. Animal II Ecología Biodiversidad Ética Cristiana Certificación o Electivo de F. G. Metod. Invest. Did. CC. Exper.	<i>Histología y Embriología Vegetal</i> <i>Zoología Marina</i>
4°	VII	Microbiología e Inmunología Genética Evolución Lab. de Mat. Didáct. V Certificación o Electivo de F. G. Optativo de Profundización Ética Profesional Orientación Educativa	Fundamentos de Biología Aplicada I Fundamentos de Biología Aplicada II Optativas (17)
	VIII	Biología Molecular Didáctica de la Biología Optativo de Profundización (dos) Certificación o Electivo de F. G. Sem. Lic. y Título	
5°	IX	Práctica Pedagógica	Fundamentos de Biología Aplicada III
	X		Fundamentos de Biología Aplicada IV Optativas (17)

A lo largo de este capítulo, y en general a lo largo de esta memoria, el análisis estadístico de los datos obtenidos se efectúa, dada la naturaleza de los datos, con estadística no paramétrica.

En este capítulo en particular la mayor parte de los análisis se efectúan mediante modelos log-lineares en los que la variable respuesta es un rango (la “corrección” de la respuesta dada) y la clasificadora es nominal (grupo-licenciatura, país de procedencia...) u ordinal (curso). Por tanto, los modelos usados son, respectivamente, nominal u ordinal logísticos (Agresti 1996). Finalmente, para comprobar el grado de correlación entre variables ordinales con datos apareados la correlación de rangos de Spearman, un modelo estadístico que no precisa de las condiciones de normalidad y homocedasticidad habituales en las correlaciones paramétricas (Zar, 1996). En lo sucesivo usaremos estos tipo de análisis cada vez que los datos lo requieran sin justificar previamente su adecuación, mientras que sí lo haremos cuando necesitemos de otro tipo de análisis.

3.3. Resultados y Discusión

Para facilitar la lectura del documento vamos a discutir cada pregunta para todos los casos expuestos anteriormente, recordando al comienzo de cada una las categorías con algunas de las respuestas más significativas.

3.3.1. Diferencia entre individuo y población (Pregunta 1.1)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable.

“Pues que un individuo y población se está refiriendo a una especie”.

Nivel 1. Mención exclusiva a seres humanos y su población con o sin mención de espacio y/o tiempo:

“Con (individuo) esto se refiere a un ser humano” “Con esto (población) nos referimos a un conjunto de personas que viven en un mismo lugar”. “Individuo es una persona y población es un conjunto de personas que viven en sociedad, donde deben adaptarse e integrarse”.

Nivel 2. El individuo como uno y la población como muchos, sin mención del concepto de especie:

“Un individuo es un solo ser mientras que una población es un conjunto de individuos”, “El individuo pertenece a una población y la población es el conjunto de individuos”; “Los individuos son sistemas más o menos herméticos y organizados que intercambian energía/materia con el medio para mantenerse y/o reproducirse. Las poblaciones componen muchos individuos con diferentes genotipos y que por tanto compiten directa o indirectamente entre si.”

Nivel 3. Se considera el concepto de especie al hablar de la población:

“Entre población no hay diferencias, es un conjunto de individuos de la misma especie”

Nivel 4. Nivel 2 y/o Nivel 3 incluyendo las variables de espacio y/o tiempo:

“Un individuo es un único ser con sus características únicas; una población es un conjunto de individuos que habitan en una misma zona”; “La población es un sistema biológico formado por un grupo de individuos de la misma especie que viven en un lugar y tiempo determinado”. “Una población es un conjunto de individuos que interactúan entre ellos”.

La pregunta en la que hay que diferenciar individuo y población es la más propensa de la encuesta a verse influida por una visión antropocéntrica. Dicha visión en parte puede estar modificada por la formación básica que reciben los alumnos en el instituto, lo que se ha reflejado en las diferencias significativas que se aprecian entre alumnos universitarios de primer curso procedentes de bachillerato de Ciencias de la Salud y bachillerato de Humanidades (Wald $\chi = 43,45$, g.l.=1, $p < 0,0001$; ajuste ordinal logístico). Encontramos que en los procedentes del bachillerato de Ciencias de la Salud sólo alrededor del 20% la presentan, mientras que en el caso del bachillerato de Humanidades se corresponde con un 80%. El haber cursado un bachillerato tradicionalmente llamado de ciencias o letras puede condicionar lo que posteriormente los alumnos recuerdan. Actualmente los alumnos procedentes del de Ciencias de la Salud han de estudiar en primero y segundo de bachillerato la asignatura de Biología, e incluso algunos de ellos han podido cursar como optativas la Ecología en primero y/o las Ciencias de la Tierra en segundo, lo que les da oportunidad de trabajar y recordar conceptos como los que se tratan. Esto puede explicar que en el grupo de bachillerato encuestado no haya respuestas de la categoría uno, y que sea ésta la menos numerosa en los grupos de Física-Química, Matemáticas, Telecomunicaciones o Geología, mientras que en el grupo de Magisterio, mayoritariamente procedentes de Humanidades (en proporciones del 90% o superior), se corresponde con aproximadamente un 74% de las respuestas. Sin embargo, llama la atención que sólo el 40% de las respuestas de los alumnos de Historia correspondan con la categoría uno. También es de resaltar que dentro de Matemáticas el 83% de las respuestas estén incluidas en la categoría dos, que agrupa definiciones bastante sencillas y asépticas, y no aparezca ninguna en la categoría tres o cuatro. Quizá esto sea producto de los estudios que actualmente cursan, lo que también puede explicar las diferencias significativas obtenidas en las respuestas de los alumnos agrupados por grupos de licenciaturas (Wald $\chi = 192,27$, g.l.=8, $p < 0,0001$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.3), porque también hemos encontrado que el grupo

relacionado con la Biología y el de Ciencias Ambientales muestran respuestas repartidas básicamente en las categorías dos, tres y cuatro.

Tabla 3.3. Porcentaje de respuestas obtenido para cada uno de los niveles diferenciados en las respuestas a la pregunta de individuo y población según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas por grupo-licenciatura).

Nivel	0	1	2	3	4	n
Grupo						
Bachillerato	0	0	50,0	0	50,0	18
CCAA	0	0	37,5	12,5	50,0	16
Historia	0	40,0	28,0	8,0	24,0	25
Biologías	1,9	0,6	37,9	16,3	43,3	319
Física-Química	4,2	12,5	45,8	12,5	25,0	24
Geología	2,3	0	39,5	7,0	51,2	43
Maestros	0	73,8	16,5	0	9,7	103
Matemáticas	0	16,7	83,3	0	0	18
Teleco	2,0	36,7	34,8	6,1	20,4	49
Totales	1,5	18,2	35,8	10,6	34,0	615

Creemos que por ese mismo motivo no existen diferencias significativas entre los alumnos chilenos y los españoles, sea en los cursos iniciales (Wald $\chi^2=2,91$, g.l.=1, $p=0,09$, ajuste ordinal logístico) o en los superiores (Wald $\chi^2=0,82$, g.l.=1, $p=0,36$, ajuste ordinal logístico). También se explicaría que el grupo con mayor porcentaje de respuestas en la categoría tres, donde se especifica la pertenencia a la misma especie, pertenezca a Biología. Sin embargo, y en contraste con esto, no se observan diferencias significativas por curso dentro de la licenciatura de Biología (Wald $\chi^2=2,48$, g.l.=4, $p=0,65$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.4), algo que resulta complejo de explicar y que indica una falta de progresión en los estudios de esta licenciatura, en lo que se relaciona con este ítem.

Tabla 3.4. Porcentaje de respuestas obtenido para cada uno de los niveles diferenciados en las respuestas a la pregunta de individuo y población en Biología según curso de la licenciatura (n es el total de respuestas por curso de la licenciatura).

Nivel	0	1	2	3	4	n
Curso						
1º	1,3	1,3	31,2	16,9	49,3	77
2º	0	0	20,0	30,0	50,0	20
3º	0	0	3,8	24,5	37,7	53
4º	0	0	37,0	11,1	51,9	27
5º	4,1	0	38,8	14,3	42,8	49
Totales	1,3	0,4	34,1	18,6	45,6	226

A pesar de todo, no es extraño que en cualquiera de los grupos puedan aparecer respuestas de la categoría uno debido al antropocentrismo subyacente (Develay y Ginsburger-Vogel, 1986). Estas respuestas antropocéntricas, que quizá puedan ser el resultado de la observación directa y la convivencia en sociedad, no parecen ser exclusivas de alumnos españoles y chilenos sino que también se han apreciado en otros estudios como el de Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993) con alumnos argentinos o el de Helldén (2002) con alumnos suecos. Varios autores (Driver et al., 1989; Pozo et al., 1991; Serrano y Blanco, 1988) indican la influencia que lo perceptible tiene en las concepciones de los alumnos, lo que queda puesto de manifiesto en el número de respuestas incluidas en la categoría dos, y es que la percepción de la abundancia como característica de las poblaciones se puede reconocer fácilmente de forma directa (Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993).

3.3.2. Diferencia entre población y especie (pregunta 1.2)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable:

“En población y especie se refiere a un hábitat”. “La especie, es un ser vivo, que habita en el medio ambiente y la naturaleza y no son raza humana”. “...con especie se alude al campo animal”. “especie se refiere más concretamente a los animales, aunque por ejemplo una especie es el homo-sapiens, o algunos animales se dicen que son una especie en extinción...” “La especie es un conjunto de seres que viven en una familia y hay muchos tipos de ellas mientras que la población es un conjunto de seres con necesidades comunes”. “La diferencia es que la población tienen algo en común y al decir especie se refiere a todos en general, no a un grupo determinado”.

Nivel 1. Menciones antropomórficas o ligadas al concepto de raza para la población:

“la especie distingue a personas que son de iguales características en un ámbito determinado”, “Una población es un conjunto de personas de diferentes edades, sexos y razas, y una especie engloba un conjunto de personas clasificadas solo por un aspecto. Ej.: por su raza”. “Población es el conjunto total de personas que viven en un lugar y especie se refiere a las distintas razas”. “Población no diferencia características de los homínidos; especie se refiere a las diferencias entre ellos”. “La población se caracteriza por tener dentro de si a todos los elementos de la sociedad aunque tenga diferentes razas o especies”. “Población es un conjunto de personas que viven en una sociedad, en la que cada uno de ellos tiene unas normas y creencias distintas y que deben ser respetadas. Especie es un conjunto de personas con características distintas”.

Nivel 2. Confusión de especie con reino. Confusión de población con comunidad:

“Población únicamente estará formada por individuos mientras que especie no tiene por qué estar constituida por seres humanos, sino que podemos de especies animales, vegetales, minerales...”, “Población es conjunto de todo lo que vive en ese lugar, mezclando las especies. Un ejemplo: una cueva está poblada por dos inquilinos, un oso y un murciélago. En cambio el oso no es de la misma especie que el murciélago y si pertenecen a la misma población”. “La especie es una agrupación que

puede ser de diferentes seres vivos, especie humana, especie de animales”. “Población: conjunto de seres vivos (plantas...) que interactúan entre sí dentro del mismo hábitat”. “La población es el todo y la especie es una parte concreta de la población”. “Especie es un conjunto de individuos que pertenecen a la misma familia animal, vegetal o celular”. “Una especie puede formar la totalidad de la población o una parte de ella”. “Una especie es un subconjunto de individuos con características de similitud dentro de un conjunto mayor que es la población”. “Una especie es una parte de la población que se caracteriza y distingue de las demás especies que componen la población”. “Con especie nos referimos a grupos de personas, de animales y cosas, que dentro de una población hay varios tipos”. “Especie agrupa tanto a la flora como a la fauna que forman parte de una población”. “Existen diferentes tipos de especies como la humana, animal, vegetal,...”. “La especie es lo que diferencia las cosas del medio unas de otras. Así está la especie animal, la vegetal...”. “Especie es dentro de la población la división de los seres”. “La población es un todo mientras que la especie es un determinado sector de la población, así pues, la especie es algo unido a la población cuya diferencia reside en la singularidad que esta presenta con respecto a la población total”. “La especie está formada por varios individuos pertenecientes al mismo colectivo, como por ejemplo la especie animal. Y la población se trata del conjunto total”. “Población se refiere a unos determinados animales en que no existe diferencias específicas, es decir, cuando hablamos de especie habla de seres que tienen características puntuales. Ejemplo: población de gusanos, especie de gusanos “verdes””. “En una población existe una diversa cantidad de especies, por ejemplo, gatos, perros, aves, etc., y en una especie se encuentran solo individuos con las mismas características físicas”. “Una diferencia es que una especie constituye una sola rama de animal, en cambio una población la constituyen varios animales (varias especies), por ejemplo”. “En una población hay todo tipo de individuos que interactúan y compiten pero no tienen porque poder reproducirse entre sí. Los miembros de una misma especie pueden tener descendencia fértil al reproducirse”. “La población engloba a un nº determinado de individuos mientras que la especie son varias poblaciones. Ejemplo: especie de aves que engloba poblaciones de cigüeñas, gorriones...”.

Nivel 3. Definición tipológica (morfológica de especie):

“Especie pueden ser personas o animales que se caracterizan por tener cosas en común”. “Especie es un rasgo común a un grupo ya sea de personas, animales o plantas, son las características comunes que tienen los miembros del grupo”. “...Siendo especie la distinción entre un grupo y otro por las características que los diferencia”. “La especie es uno de los grupos en los que se dividen los habitantes de una población (después de haber definido población como conjunto de personas)”. “Especie es grupo homogéneo de personas, animales o plantas con unas características genéticas comunes”. “...si pertenecen a la misma especie deben compartir características comunes”. “El concepto de especie vendría referirse a la fauna y flora que comparten unas características similares”.

Nivel 4. Especie integrada por varias poblaciones con o sin mención de reproducción:

“Un conjunto de poblaciones forman una especie”. “La especie engloba a todos los individuos con características parecidas (las que se hayan definido). La población es un subconjunto de la especie y se define según parámetros de localización...”. “Las especies se componen por individuos semejantes que teóricamente podrían hibridar entre sí aunque pertenecen a diferentes poblaciones”. “La especie

no está concentrada en un área determinada y puede expandirse a otros territorios y habitar en amplias zonas”. “La especie es independiente del espacio-tiempo. Miembros de una misma especie pueden no convivir en el espacio y en el tiempo pero siguen un linaje evolutivo común”.

Nivel 5. Se considera la interfecundidad entre individuos:

“Especie es un conjunto de individuos machos y hembras con unas características morfológicas similares y viables a la hora de reproducirse (dando descendencias fértil)”. “La población será un conjunto de individuos de una misma especie. Individuos capaces de reproducirse entre si dando a su vez descendencia fértil”.

Nivel 6. Concepto biológico de especie:

“Especie es un grupo natural de individuos que pueden cruzarse entre si pero que están aislados reproductivamente de otra especie”.

Los resultados obtenidos para poner de manifiesto las diferencias entre población y especie presentan un cierto paralelismo con los de la pregunta anterior (individuo y población). Si observamos los datos referentes a las categorías cuatro, cinco y seis, consideradas las más adecuadas, apreciamos que hay diferencias significativas en las respuestas dadas según el bachillerato de procedencia (Wald $\chi^2=15,96$, g.l.=1, $p=0,0001$; ajuste ordinal logístico): el 32% se reparte entre las tres categorías en los de Ciencias de la Salud, mientras que tan sólo el 1,5% lo hace en el de Humanidades. Igualmente, también hay diferencias significativas según el grupo-licenciatura (Wald $\chi^2=85,79$, g.l.=8, $p=0,0001$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.5), encontrando que las categorías cinco y seis tienen pocas contestaciones, o ninguna, en casi todos los grupos excepto el grupo de Biología y el de Bachillerato, aunque la categoría cuatro obtiene respuestas en todos ellos. Se vuelve a poner de manifiesto, por tanto, el efecto positivo que tiene la formación específica en el cambio conceptual de los alumnos, lo que se refleja también en las mejores respuestas dadas por alumnos españoles de primer curso de Biología que han trabajado estos conceptos en Zoología, frente a los del mismo curso que no lo han hecho (Wald $\chi^2=5,62$, g.l.=1, $p=0,0171$; ajuste ordinal logístico). Del mismo modo, también queda patente la diferencia significativa entre los alumnos chilenos de segundo curso y los españoles de primero (Wald $\chi^2=5,64$, g.l.=1, $p=0,0175$; ajuste ordinal logístico), pues estos últimos, aún no habiendo trabajado los conceptos directamente en Zoología, al estar cursando además Botánica los pueden haber recordado brevemente, mientras que los chilenos de formación específica en segundo sólo han recibido Biología Celular y Anatomía y Fisiología Vegetal. Sin embargo, cuando comparamos lo que ocurre en los cursos superiores no se aprecian diferencias

significativas (Wald $\chi^2=1,47$, g.l.=1, p=0,23; ajuste ordinal logístico) en las respuestas, creemos que porque ya los alumnos de Chile han trabajado estos conceptos en asignaturas como la Ecología o la Biodiversidad.

Tabla 3.5. Porcentaje de respuestas obtenido para cada uno de los niveles diferenciados en las respuestas a la pregunta de población y especie según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas por grupo-licenciatura).

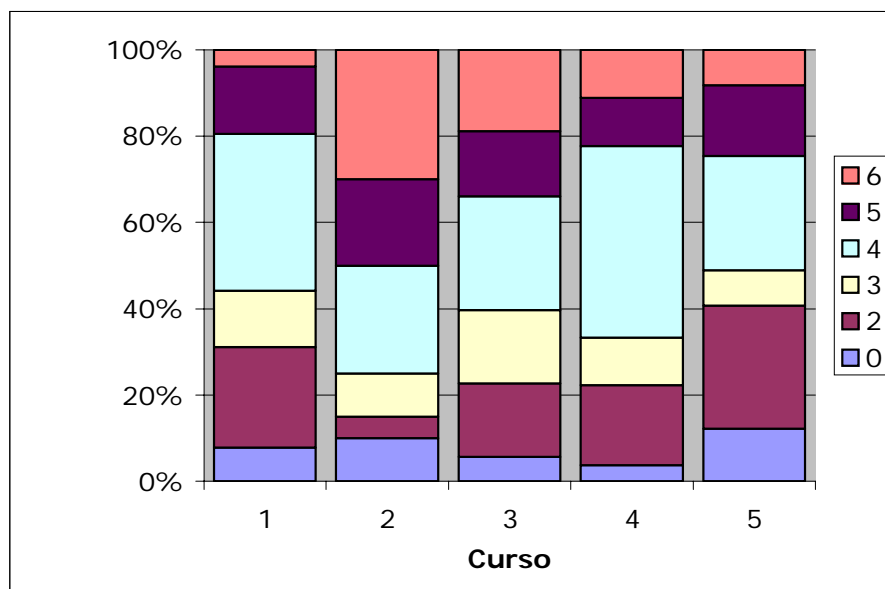
Nivel	0	1	2	3	4	5	6	n
Grupo								
Bachillerato	0	0	33,3	11,1	16,7	22,2	16,7	18
CCAA	6,2	0	37,5	37,5	12,5	6,3	0	16
Historia	12,0	8,0	20,0	52,0	8,0	0	0	25
Biologías	7,5	0	27,9	13,8	28,2	14,1	8,5	319
Física-Química	4,2	8,3	41,6	25,0	16,7	0	4,2	24
Geología	9,3	2,3	23,3	23,3	37,2	4,6	0	43
Maestros	11,6	17,5	43,7	23,3	2,9	0	1,0	103
Matemáticas	5,6	0	38,9	44,4	11,1	0	0	18
Teleco	8,2	4,1	24,5	51,0	12,2	0	0	49
Totales	8,1	4,1	30,9	22,4	20,8	8,5	5,2	615

En cambio, al analizar las respuestas en los diferentes cursos de la licenciatura de Biología, los mayores porcentajes de respuestas en la categoría superior no corresponde con los cursos superiores sino con segundo curso (Wald $\chi^2=10,58$, g.l.=4, p=0,0318; ajuste ordinal logístico; Fig. 3.1). Podemos ver también que según grupo-licenciatura los pertenecientes a Biologías, Ciencias Ambientales y Bachillerato no han dado respuestas de la categoría uno, lo que guarda un cierto paralelismo con la misma categoría de la respuesta anterior. El antropocentrismo que habitualmente hay en la sociedad puede verse mitigado en parte en aquellas personas cuyos estudios están relacionados con el conocimiento de otros seres vivos.

La categoría que más respuestas ha acaparado en el total de las encuestas ha sido la número dos, llegando a ser en casi todos los grupos la más frecuente. Las respuestas de esta categoría, en la que se incluyen confusiones entre especie y reino o entre población y comunidad, estas últimas también puestas de manifiesto por otros autores (Adeniyi, 1985; Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993; Develay y Ginsburger-Vogel, 1986), pueden considerarse dentro de las concepciones espontáneas que, como diversos autores destacan (Driver et. al, 1989; Pozo et al. 1991; Serrano y Blanco, 1988), proceden de los datos que los alumnos recogen a través de la observación. Dicha percepción la pueden haber obtenido bien directamente o bien a través de cualquier vehículo de información (cine, televisión, libros..). Como muestra de esas concepciones

espontáneas hay que destacar algunos de los ejemplos que ponen los alumnos para ilustrar sus respuestas: “En una población existe una diversa cantidad de especies, por ejemplo, gatos, perros, aves, etc., y en una especie se encuentran sólo individuos con las mismas características físicas”, “La población engloba a un número determinado de individuos, mientras que la especie son varias poblaciones. Ejemplo: especie de aves que engloba poblaciones de cigüeñas, gorriones...”. Es llamativo que casi todos los grupos-licenciatura tengan en esta categoría alrededor del 25% o más de las respuestas, e incluso que entre los alumnos de quinto curso de la licenciatura de Biología haya un 29% de contestaciones incluídas en ella nos hace pensar que las concepciones espontáneas son difíciles de mitigar.

Figura 3.1. Población y especie en Biología según curso de la licenciatura.



A la categoría dos le sigue en respuestas numerosas la número tres, incluso habiendo descartado aquellas respuestas que pertenecen a categorías superiores pero que incluyen también una visión tipológica del concepto de especie. Dada la importancia histórica de la misma y su presencia, sola o combinada con otras respuestas, le hemos dedicado un análisis estadístico aparte y una discusión en el siguiente apartado.

3.3.3. Visión tipológica del concepto de especie (pregunta 1.2)

Desde siempre el hombre ha utilizado gran variedad de seres vivos para usos diversos, lo que ha motivado la necesidad de su conocimiento y clasificación. Esta costumbre procedente de antaño, que sigue aún en vigor, quizá contribuyese en parte a desarrollar

el pensamiento tipológico que ha llegado hasta nuestros días, y que tantas dificultades puso a la comprensión de la evolución por selección natural. No es de extrañar que esta forma de pensar, que tan difícil fue de cambiar en la historia de la biología, siga vigente también entre todos nosotros, pues ¿quién no ha utilizado alguna vez el término “especie” para identificar diferentes objetos inanimados o incluso seres vivos? Esta presencia ha quedado patente en las respuestas que han dado los alumnos encuestados.

Tabla 3.6. Porcentaje de respuestas con pensamiento tipológico obtenido para la pregunta de población y especie según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas por grupo-licenciatura).

Grupo	Nivel	no	Sí	n
Bachillerato		66,7	33,3	18
CCAA		56,3	43,7	16
Historia		24,0	76,0	25
Biologías		53,9	46,1	319
Física-Química		41,7	58,3	24
Geología		51,1	48,9	43
Maestros		54,4	45,6	103
Matemáticas		38,9	61,1	18
Teleco		36,7	63,3	49
Totales		50,7	49,3	615

El pensamiento tipológico aparece en alumnos de todos los grupos-licenciatura, variando el porcentaje de respuestas con esta visión desde un tercio del total en el caso de los alumnos de Bachillerato, hasta el 76% en los de Historias. Aunque entre los grupos-licenciaturas hay diferencias significativas (Wald $\chi^2=15,66$, g.l.=1, $p=0,0475$; ajuste nominal logístico; Tabla 3.6), podemos ver que el porcentaje de respuestas tipológicas es similar (oscilan alrededor del 60%) entre los que pertenecen a “ciencias duras”, es decir, Matemáticas, Físicas y Telecomunicaciones, mientras que los Geología, Biología, Magisterio y Ciencias Ambientales presentan porcentajes en torno al 45%. Creemos, por ello, que al estar tan arraigado el pensamiento tipológico en la sociedad, a través del “uso vulgarizado” del término especie, no influye tanto la formación específica en el cambio conceptual. Esto se pone de manifiesto en la falta de diferencias significativas entre alumnos procedentes de distintos bachilleratos (Wald $\chi^2=0,01$, g.l.=1, $p=0,97$; ajuste nominal logístico), entre alumnos de distintos cursos de la licenciatura de Biología (Wald $\chi^2=5,53$, g.l.=4, $p=0,24$; ajuste nominal logístico; Tabla 3.7) y entre alumnos de chilenos y españoles (primeros cursos Wald $\chi^2=3,43$,

g.l.=1, $p=0,0639$; cursos superiores Wald $\chi^2=2,74$, g.l.=1, $p=0,0974$; ajuste nominal logístico).

Tabla 3.7. Porcentaje de respuestas con pensamiento tipológico obtenido para la pregunta de población y especie en Biología según curso de la licenciatura (n es el total de respuestas por curso).

Curso	Nivel	no	Sí	n
1		50.6	49.4	77
2		75.0	25.0	20
3		66.0	34.0	53
4		55.5	44.5	27
5		61.2	38.8	49
Totales		59,3	40,7	226

3.3.4. La reproducción en el concepto de especie (pregunta 1.2)

La reproducción es citada en un alto porcentaje de casos en tres grupos-licenciatura concretos: las Biologías y CCAA (alrededor del 38%) y, sobre todo, en Bachillerato (un 78%), quedando todos los demás grupos por debajo del 12% (Wald $\chi^2=52,75$, g.l.=8, $p=0,0001$; ajuste nominal logístico; Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Porcentaje de respuestas con mención de la reproducción obtenido para la pregunta de población y especie según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas por grupo-licenciatura).

Grupo	Nivel	no	Sí	n
Bachillerato		22,2	77,8	18
CCAA		62,5	37,5	16
Historia		100,0	0	25
Biologías		62,4	37,6	319
Física-Química		91,7	8,3	24
Geología		88,4	11,6	43
Maestros		99,0	1,0	103
Matemáticas		100,0	0	18
Teleco		97,9	2,1	49
Totales		75,8	24,2	615

Los libros de texto que se utilizan en E.S.O. y Bachillerato con frecuencia definen la especie como el conjunto de individuos que pueden reproducirse y cuya descendencia es fértil. Esta definición se repite en Secundaria y de nuevo en Bachillerato en lugar de la del CBE (concepto biológico de especie), por lo que no es extraño que sea la que posteriormente se recuerde por algunos (aunque muy pocos)

estudiantes que no cursarán Biología, Pedagogía en Ciencias o Ciencias Ambientales, tal y como se aprecia en los resultados por grupo-licenciaturas. En los alumnos que cursan licenciaturas relacionadas con la biología puede quedar en su memoria dicha definición, para luego ser sustituida por otra más completa, o bien simplemente convivir con ella. Como este aspecto se ha repetido con cierta frecuencia, bien asociado implícita o explícitamente a las respuestas de las categorías cinco y seis, bien unido a respuestas que se han incluido en otras categorías (sobre todo la dos y la cuatro) y también se ha utilizado para los razonamientos dados en la tercera pregunta, hemos creído conveniente hacerle un tratamiento estadístico y una discusión propia.

A pesar de que la citada definición se trabaja en diferentes momentos de Secundaria y Bachillerato, no es muy frecuente la mención de la reproducción entre los alumnos universitarios procedentes del de Ciencias de la Salud, ya que supone tan sólo un 12,5% del total, y no hay diferencias significativas entre los grupos procedentes de los dos bachilleratos (Wald $\chi^2=0,01$, g.l.=1, $p=0,90$; ajuste nominal logístico). Es posible que la causa esté en la percepción que tiene el profesorado sobre la dificultad de este concepto, ya que son pocos los que creen que es alta (Jiménez Tejada et al., 2008a, c). Esta percepción influye negativamente en el enfoque que el profesorado le dará en sus clases, pues no pondrá los medios necesarios para superar esa dificultad y el concepto no pasará, al menos en algunos casos, de ser una mera definición que los alumnos se aprenderán de memoria y que posiblemente caerá en el olvido. El que no haya diferencias significativas entre los alumnos españoles de primer curso de Biología y los chilenos de segundo curso de Pedagogía en Ciencias (Wald $\chi^2=1,30$, g.l.=1, $p=0,25$; en los cursos superiores es Wald $\chi^2=0,03$, g.l.=1, $p=0,8655$; ajuste nominal logístico) sugiere un motivo similar, pues alrededor del 40% de los profesores chilenos encuestados piensa que la dificultad del concepto de especie es alta (Jiménez Tejada et al. 2008), un porcentaje sólo algo mayor al encontrado en los profesores españoles. De nuevo, en este aspecto analizado se pone de manifiesto que la formación específica tiene influencia positiva, ya que en cursos superiores, tanto en los alumnos chilenos como en los españoles, el porcentaje de respuestas en las que se menciona la reproducción es mayor (aunque sin diferencias significativas), siguiendo un comportamiento similar al encontrado en la diferencia entre población y especie.

Entre cursos en los alumnos de la licenciatura de Biología sí aparecen diferencias significativas (Wald $\chi^2=13,78$, g.l.=4, $p=0,0080$; ajuste nominal logístico;

Tabla 3.9), pero en contra de lo que cabría esperar, igualmente en cuarto y quinto curso disminuye el porcentaje de contestaciones en las que se incluye este aspecto. Las diferencias significativas observadas entre los alumnos de primer curso de la licenciatura de Biología que han tratado el concepto de especie y los que no la han hecho (Wald $\chi^2=5,62$, g.l.=1, $p=0,0177$; ajuste nominal logístico) apoya igualmente el interés de la formación específica.

Tabla 3.9. Porcentaje de respuestas con mención de la reproducción obtenido para la pregunta de población y especie según curso en la licenciatura de Biología (n es el total de respuestas por curso).

Curso	Nivel	no	sí	n
1		70,1	29,9	77
2		45,0	55,0	20
3		39,6	60,4	53
4		48,1	51,9	27
5		61,2	38,8	49
Totales		56,2	43,8	226

3.3.5. Cálculos de Linneo (pregunta 2.1)

Es conocida por todos la influencia que tuvo la obra de Malthus en el desarrollo de la teoría de la evolución. Los factores que afectan a las diferentes poblaciones de una misma especie pueden hacer que a lo largo de numerosas generaciones pueda surgir otra especie diferente, por lo que es interesante que los alumnos comprendan bien la dinámica de poblaciones para apreciar las variaciones de las mismas a través del tiempo; permitiéndoles igualmente conocer y entender el funcionamiento de los sistemas naturales (Nevanpää y Law, 2006). Ambos motivos son suficientes para profundizar en las dificultades en el aprendizaje que los alumnos tienen de esta parte de la biología, por medio de las tres preguntas de este bloque.

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable:

“Linneo tuvo en cuenta la proporción de semillas y por lo tanto de plantas que se consumirían pasados los 30 años”. “Tuvo en cuenta la división de las células”.

Nivel 1. Respuestas simples o de contenido matemático:

“La lógica a la hora de observar la planta”. “Que cada vez la planta se va haciendo más grande, le salen más hijos y de estos más, en este caso cada vez dos”. “Los factores que actúan son los medioambientales”. “La observación de la planta y darse cuenta de que iba aumentando, de menor a mayor”. “La lógica”. “Se dio cuenta de que el número de descendientes de una planta al cabo de un año es 2^n , siendo n el número de años”. “Potencias de 2”. “Crecimiento exponencial”. “su

reproducción sexual y la tabla del dos”. “el carácter sexual de la planta. Es decir tuvo en cuenta los órganos sexuales de las plantas y su reproducción sexual”. “Que las condiciones naturales sean siempre las mismas”. “Tuvo en cuenta la observación y la experimentación, un método de análisis deductivo”. “Cada ser vivo es igual a una cadena de descendientes que se va ampliando con los años”. “Su crecimiento se podía calcular mediante una regla de tres”. “La herencia”. “La descendencia y la multiplicación de individuos con un antecesor común”.

Nivel 2. Respuestas que reiteren el mismo contenido del texto de la pregunta.

“La cantidad de semillas que producía la primera planta al año y las que producían las plantitas salidas de las dos primeras semillas, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido en cada una”. “Que la planta siempre tendrá dos semillas, y que estas a su vez florecieran y volvieran a tener otras dos semillas”.

Nivel 3. Se considera la capacidad reproductiva de la planta.

“Tuvo en cuenta el sistema reproductor de las plantas”. “La capacidad de reproducción de la planta” “Las semillas que produce una planta”. “La observación de la planta madre y el comportamiento de las plantitas en la producción de semillas”. “Tuvo en cuenta la observación de las plantas que iban obteniendo a partir de la original como la de sus descendientes”.

Nivel 4. Se considera la capacidad máxima de reproducción de la planta (potencial biótico o reproductivo).

“Linneo se puso en el mejor caso de que todas las semillas germinarían correctamente, y no habría pérdidas, no teniendo por qué ser esto así”. “Que la producción no estaría limitada por ningún factor externo y sería independiente del medio en el que se produjera”. “No tuvo en cuenta que algunas de esas semillas podrían acabar no dando frutos, que no germinaría”. “Pensó que los factores naturales actuarían siempre de la misma forma y que la producción sería homogénea, siempre eso si, a favor”. “Que la reproducción siempre tendría éxito y siempre sería igual, sin tener en cuenta otros factores como los ambientales”. “El período de un año y que no había ningún factor que impidiera que se reprodujera esa planta”. “Tomó en cuenta las condiciones medioambientales óptimas para lograr una óptima producción”. “Una descendencia estable cuyo nº siempre es igual, cosa poco probable. Una tasa de crecimiento, supervivencia y capacidad de reproducción de la descendencia máxima. En ausencia de mortalidad”. “Que no había límites ni factores que afectaran a la reproducción de las plantas”. “Que las plantas no tenían ningún factor limitante que controlara el crecimiento de la población. No moría ningún descendiente”. “Que no tiene límite el crecimiento de la población”.

Al analizar las respuestas de todos los grupos-licenciaturas, una comparación entre el nivel cero de esta pregunta con el mismo nivel pero de las preguntas anteriores revela que, por lo general, hay un mayor número de alumnos que no contestan, y aproximadamente el 50% de las respuestas está repartido entre las categorías uno y dos. Sospechamos que la manera de formular la pregunta puede no haber sido adecuada, lo que ha llevado a no contestarla, o bien hemos inducido a los alumnos a que den contestaciones de contenido matemático al utilizarse el término “cálculo”, lo que coincide con la categoría más numerosa que es la uno, con cerca de un 40% de

respuestas y también con las que han dado los alumnos de la licenciatura de Matemáticas. Un porcentaje similar en respuestas a la categoría cero ha sido la dos, con contestaciones en las que se repite el contenido de la pregunta. Esta manera de contestar puede ser un reflejo del tipo de actividades que los libros de texto plantean, en las que el alumno, por lo general, se conforma con repetir lo que ha leído sin hacer ningún tipo de crítica (Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993).

Tabla 3.10. Porcentaje de respuestas obtenidas en la pregunta de cálculos de Linneo según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas por grupo-licenciatura).

Nivel	0	1	2	3	4	n
Grupo						
Bachillerato	50,0	22,2	0	16,7	11,1	18
CCAA	6,3	37,5	0	12,5	43,7	16
Historia	4,0	60,0	8,0	12,0	16,0	25
Biologías	7,5	37,3	7,2	28,5	19,5	319
Física-Química	8,3	45,8	20,8	16,8	8,3	24
Geología	18,6	32,5	7,0	25,6	16,3	43
Maestros	18,4	40,8	34	6,8	0	103
Matemáticas	5,5	66,7	27,8	0	0	18
Teleco	6,1	42,9	24,5	14,3	12,2	49
Totales	11,0	39,7	13,8	20,8	14,6	615

Aunque existen diferencias significativas entre los distintos grupos-licenciaturas (Wald $\chi^2=48,55$, g.l.=8, $p=0,0001$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.10) hemos observado que, excepto los alumnos de Matemáticas, en todos los grupos hay respuestas en las categorías tres y/o cuatro. De nuevo se refleja la influencia de las enseñanzas específicas, pues el porcentaje más alto de respuestas en estas categorías ha correspondido a los alumnos incluidos en Biologías y el más bajo a Matemáticas, cuyas respuestas han sido de acuerdo a la formación que reciben. Según el bachillerato de procedencia también se ha visto esta tendencia, al ser el de Ciencias de la Salud el que ha tenido mayor número de respuestas en esas categorías (Wald $\chi^2=7,41$, g.l.=1, $p=0,0065$; ajuste ordinal logístico). Respecto a la comparación entre alumnos chilenos y españoles, no se han observado diferencias significativas en los primeros cursos (Wald $\chi^2=0,21$, g.l.=1, $p=0,64$) pero sí en los de 3º y 4º (Wald $\chi^2=5,60$, g.l.=1, $p=0,0180$; ajuste ordinal logístico), presentando en este caso un mayor porcentaje de respuestas adecuadas los españoles. Por el contrario, no aparecen cambios entre los alumnos de la licenciatura de Biología según el curso (Wald $\chi^2=0,90$, g.l.=4, $p=0,92$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.11)

Tabla 3.11. Porcentaje de respuestas obtenidas en la pregunta de cálculos de Linneo según curso de la licenciatura de Biología (n es el total de respuestas por curso).

Nivel	0	1	2	3	4	n
Curso						
1	9,1	31,2	7,8	31,2	20,8	77
2	5,0	30,0	10,0	25,0	30,0	20
3	5,7	41,5	3,8	17,0	32,1	53
4	3,7	40,7	11,1	29,6	14,8	27
5	2,0	38,8	8,2	32,6	18,4	49
Totales	5,8	36,3	7,5	27,4	23,0	226

3.3.6. Representación gráfica (pregunta 2.2)

La dinámica de poblaciones es considerada como una de las partes más difíciles para los alumnos de biología (Cook, 1993). La causa está, según varios autores (Korfiatis et al., 1999) en que la descripción e interpretación de la dinámica de poblaciones utiliza complejos y abstractos modelos matemáticos. El obstáculo reside precisamente ahí, pues el dominio de las matemáticas es relativamente pobre entre los alumnos (Cook, 1993; Kareiva, 1989) lo que aumenta las dificultades de aprendizaje de esta parte de la Ecología.

Tabla 3.12. Porcentaje de respuestas obtenidas para la interpretación de la gráfica de Linneo según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas en cada grupo-licenciatura).

Nivel	ns-nc	asínt.	lineal	t.exp	expon.	n
Grupo						
Bachillerato	50,0	16,7	11,1	0	22,2	18
CCAA	0,0	0,0	18,8	0	81,2	16
Historia	24,0	4,0	40,0	4,0	28,0	25
Biologías	3,2	3,5	26,3	5,7	61,4	316
Física-Química	0	16,7	16,7	12,5	54,2	24
Geología	9,5	7,1	2,4	2,4	78,6	42
Maestros	25,5	6,9	47,1	0	20,6	102
Matemáticas	0	0	5,6	0	94,4	18
Teleco	2,0	0	6,1	2,0	89,0	49
Totales	9,2	4,8	25,4	3,9	56,7	610

Las categorías establecidas para las respuestas en esta pregunta han sido: gráfica exponencial, gráfica lineal, gráfica asintótica, no sabe-no contesta (ns-nc), o una expresión escrita describiendo un crecimiento exponencial, pero sin representación gráfica del mismo o con otra representación gráfica que no le corresponde (t-exp). Además de estas posibilidades se han contabilizado tres casos de representación gráfica sigmoidea, un caso de parábola y otro de campana de Gauss. Estos cinco casos han sido eliminados por ser pocos y desestabilizar el modelo estadístico utilizado.

Tabla 3.13. Porcentaje de respuestas obtenidas para la interpretación de la gráfica de Linneo según curso de la licenciatura Biología (n es el total de respuestas en cada curso).

Nivel	ns-nc	asínt.	lineal	t.exp	expon.	n
Curso						
1	0	5,2	35,1	0	59,7	77
2	10,0	15,0	35,0	0	40,0	20
3	5,7	3,8	30,2	9,4	50,9	53
4	4,0	0,0	0	4,0	92,0	25
5	0	4,1	22,5	14,3	59,2	49
Totales	2,7	4,9	27,2	5,8	59,4	224

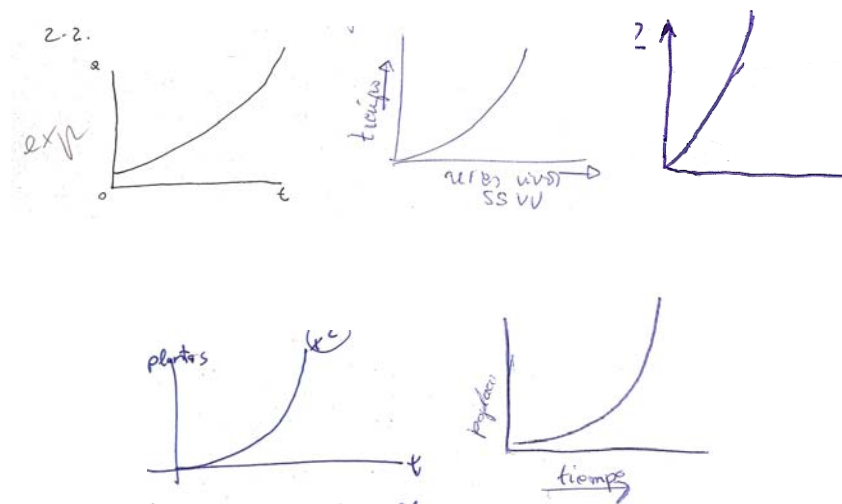
En esta pregunta, en la que hay que responder con una representación gráfica a partir de los datos proporcionados por el epígrafe de la pregunta 2.1, se requiere el dominio de las matemáticas, y se observa su influencia, pues entre grupo-licenciaturas se han apreciado diferencias significativas (Wald $\chi^2=131,82$, g.l.=32, $p=0,0001$; ajuste nominal logístico; Tabla 3.12). Los estudiantes de Matemáticas (94,4%) y los de Telecomunicaciones (89,8%) son los que tienen mayor porcentaje de representaciones gráficas correctas. Igualmente se ha puesto de manifiesto en la comparación por bachilleratos de procedencia, pues el mayor porcentaje de respuestas correctas ha correspondido a los de Ciencias de la Salud (46,43% dibujan una exponencial) siendo también significativa la diferencia con los de Humanidades (Wald $\chi^2=20,59$, g.l.=3, $p=0,0001$; ajuste nominal logístico). Atendiendo a la comparación por cursos dentro de la licenciatura de Biología, no se observan diferencias significativas entre ellos (Wald $\chi^2=9,42$, g.l.=16, $p=0,90$; ajuste nominal logístico; Tabla 3.13), aunque es curiosa la variación en número y tipo de respuestas en cada uno de ellos. Nos ha llamado especialmente la atención el alto número de respuestas correctas en 4º, muy por encima del resto, sin que haya un aumento progresivo de ellas al aumentar el curso. No encontramos, sin embargo, explicación a estos resultados. En la comparación entre estudiantes chilenos y españoles no aparecen diferencias significativas, ni en los primeros cursos Wald $\chi^2=6,53$, g.l.=4, $p=0,16$) ni en más avanzados Wald $\chi^2=3,46$, g.l.=4, $p=0,48$; ajuste nominal logístico).

La representación gráfica lineal ha sido la segunda más numerosa en el total de respuestas, lo que denota un bajo dominio de las matemáticas, y lo ha sido especialmente en Historia y en Magisterio, lo que concuerda con una menor preparación en esta parte de dicha materia.

Nos queda la duda de si las respuestas correctas dadas por el grupo-licenciatura de Biología es el resultado de un mejor conocimiento de las matemáticas o, por el contrario, procede de un aprendizaje memorístico de una gráfica que usualmente aparece en libros de texto y manuales especializados de ecología. El que haya alumnos (5,8%), aunque pocos, que responden que ese crecimiento es exponencial pero se equivocan al hacer la representación gráfica, o bien no la ponen, podría corroborar, al menos en parte, esta interpretación.

La gráfica asintótica ha recibido aún menos respuestas (4,9%). Es posible que aquellos que la han dibujado pensaban que en realidad ese crecimiento exponencial no ocurre y que hay un valor máximo que la población es capaz de soportar.

Fig. 3.2. Representaciones gráficas que muestran poca habilidad pictórica o (dibujo central) ejes rotulados de manera equivocada (línea superior) frente a otras similares que muestran más dominio artístico. y conceptual (línea inferior).



También debemos resaltar que en torno al 10% no realizan representación gráfica. En muchos casos hay que considerar que los alumnos son reacios o demuestran pocas habilidades para realizar representaciones artísticas muy elementales (Fig.3.2 arriba), como es el caso. No olvidemos que muchos naturalistas han sido grandes dibujantes e ilustradores, y aunque es obvio que la tecnología actual permite realizar gráficos sin necesidad de utilizar el lápiz y el papel, no podemos olvidar que las ciencias no están reñidas con una cierta capacidad de representación artística (Fig.3.2 abajo).

3.3.7. Factores condicionantes (pregunta 2.3)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable.

“Que la planta solo produce dos semillas y entonces si por cada una nacen dos solamente, no aumenta mucho la creación de nuevas plantas”. “Que no se desarrollen igualmente los de un sexo y los de otro sexo”.

Nivel 1. Visiones antropocéntricas o ecologistas simples.

“La salud, las condiciones económicas, la discriminación, la desigualdad”. “Las inundaciones”. “Los factores naturales que podrían afectar sería el medio ambiente en el que se sitúa y, en definitiva las condiciones humanas y naturales”. “Catástrofes naturales (lluvia, terremotos, erupción de volcanes)”. “deforestación, incendios, vientos fortísimos, incremento de la urbanización...”. “La muerte de esas plantas en el fin de su ciclo vital”. “Actúan las diferentes estaciones y la cantidad de semillas que dio la planta anterior”. “Creo que el más importante sería el de la consanguinidad”. “El medio ambiente, el cambio climático que se está produciendo”.

Nivel 2. Nombra factores bióticos o abióticos (solo de un tipo).

“La sequía”. “Agua, luz, tipo de suelo”. “Los naturales como la lluvia, el frío, etc.”

Nivel 3. Nombra factores bióticos y abióticos.

“El clima, la selección natural, la mano del hombre, la planta puede ser la alimentación de ciertos animales”. “Factores climatológicos principalmente, que afectarían o no a la hora de reproducirse. La intervención humana en la actualidad, con mayor intensidad (aunque también ha sido así en el pasado) es otro factor importante”.

La existencia de factores que impiden el crecimiento de la población parece ser aceptada por gran número de alumnos, pues las categorías dos y tres son las que mayor número de respuestas han recibido en el total de las encuestas realizadas. Aunque por grupos-licenciaturas hay diferencias significativas (Wald $\chi^2=81,33$, g.l.=8, $p=0,0001$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.14), ambas categorías han acumulado, excepto en los alumnos de bachillerato, más del 50% de las respuestas. Observamos que los mayores porcentajes de respuestas en la categoría tres corresponde a los grupos de Ciencias Ambientales, Biología e Historia, posiblemente debido a su formación. En las respuestas incluidas en estas categorías se ha mencionado con frecuencia la intervención del ser humano, el herbivorismo al que se veía sometida la planta, y la influencia de factores relacionados con la climatología, todos ellos factores que pueden ser observados directamente por los alumnos, por lo que creemos que podría tratarse en muchos casos de concepciones espontáneas. Respuestas más complejas en la categoría tres, como la existencia de competencia inter o intraespecífica, el parasitismo, etc., han correspondido, por lo general, con alumnos relacionados con el grupo de Biologías y Ciencias Ambientales.

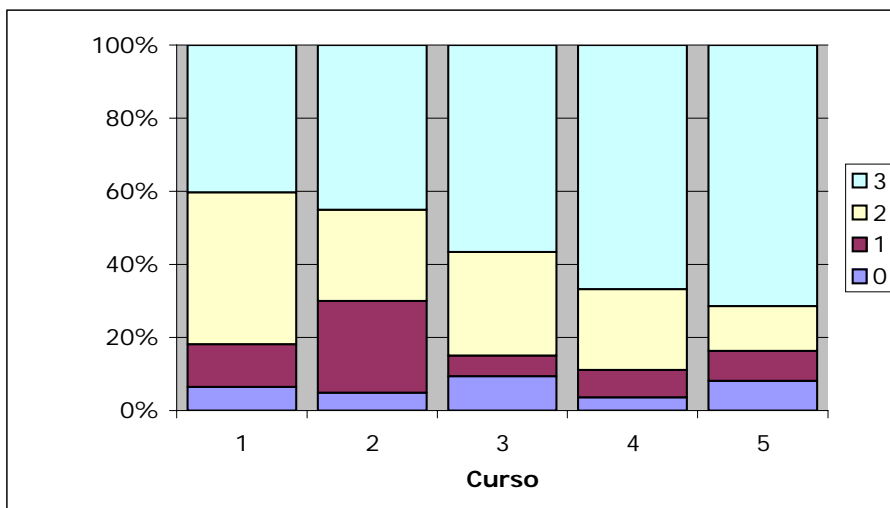
Tabla 3.14. Porcentaje de respuestas a la pregunta de factores condicionantes según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas en cada grupo-licenciatura).

Nivel	0	1	2	3	n
Grupo					
Bachillerato	55,5	0	27,8	16,7	18
CCAA	18,7	12,5	25,0	43,8	16
Historia	16,0	16,0	28,0	40,0	25
Biologías	7,5	8,2	32,0	52,3	319
Física-Química	4,2	16,7	41,7	37,5	24
Geología	14,0	23,2	37,2	25,6	43
Maestros	22,3	16,5	53,3	7,8	103
Matemáticas	16,7	11,1	50,0	22,2	18
Teleco	6,1	32,6	30,6	30,6	49
Totales	12,5	13,2	36,3	38,0	615

Ha sido poco usual la mención de varias interacciones (más de 2 ó 3) lo que podría indicar la dificultad de los alumnos para explicar las múltiples relaciones dentro de los ecosistemas (Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993; Magntorn y Helldén, 2007). Como Magntorn y Helldén (2007), pensamos que la experiencia y la edad pueden influir en la interpretación que se hace de la naturaleza. Esto explicaría las diferencias entre los alumnos de Biologías y Ciencias Ambientales con el resto, y dentro de los de la licenciatura de Biología, por cursos (Wald $\chi^2=10,76$, g.l.=4, $p=0,0294$; ajuste ordinal logístico; Fig. 3.3), pues el número de respuestas en la categoría tercera va aumentando con el curso al que pertenecen.

Las dificultades de los alumnos para entender la dinámica y estructura de los ecosistemas ha sido ya puesto de manifiesto (Adeniyi, 1985; Gallegos et al., 1994; Hogan y Fisherkeller, 1996; Grotzer y Basca, 2003; Carlsson, 2002), atribuyendo estas dificultades a que no los aprecian como un todo organizado sino más bien como un conjunto de organismos (Nevanpää y Law, 2006). Para disminuir estas dificultades son diversas las propuestas, como los programas de simulación por ordenador (Korfiatis et al., 1999; Nevanpää y Law, 2006) o los trabajos de campo (Magntorn y Helldén, 2007). Ambos recursos se utilizan actualmente en la licenciatura de Biología, lo que puede explicar los resultados obtenidos.

Figura 3.3. Factores condicionantes en Biología según curso de la licenciatura.



La categoría uno ha recibido pocas respuestas, pero éstas por lo general estaban relacionadas con eventos catastróficos como las sequías, las inundaciones, las heladas, o los fuertes vientos, y también otros han mencionado el cambio climático. Este tipo de respuestas también podrían incluirse dentro de las concepciones espontáneas, pues son frecuentes las noticias en los medios de comunicación sobre los efectos de la sequía, los incendios u otras catástrofes naturales en los cultivos.

3.3.8. Mención de la expresión “factores ambientales” en la pregunta 2.3

Al revisar las respuestas dadas a esta pregunta nos llamó la atención la frecuencia con que los alumnos utilizaban la expresión “factores ambientales”. Pensamos entonces que posiblemente relacionaran dichos factores con factores abióticos, sobre todo de tipo climatológico. Este ha sido el motivo por el que le hemos dedicado un epígrafe aparte. Para la categorización esta pregunta, los alumnos podían mencionar en la respuesta únicamente la expresión “factores ambientales” por lo que, al no saber que entendían por ello, se incluyó en la categoría uno, al considerarla como visión ecologista simple. Si además de su mención ponían ejemplos sólo de factores abióticos se incluía en la categoría dos. Si los ejemplos eran tanto de factores bióticos como abióticos se incluían en la categoría tres. Así, las posibles categorías han sido: No, cuando no se menciona la expresión; Sí: si se menciona únicamente la expresión; Sí las dos: se menciona la expresión y hay ejemplos de ambos tipos de factores; Sí y ejs.: se menciona la expresión y va acompañada de ejemplos de factores abióticos. No hemos aplicado tests estadísticos, ya que la gran cantidad de celdillas sin datos desestabilizaban el modelo.

Tabla 3.15. Porcentaje de respuestas en que se mencionan “factores ambientales” según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas en cada grupo-licenciatura).

Nivel	no	si	si las 2	si y ejs.	n
Grupo					
Bachillerato	100,0	0	0	0	18
CCAA	87,5	12,5	0	0	16
Historia	96,0	4,0	0	0	25
Biologías	73,3	16,3	1,2	9,1	319
Física-Química	91,7	0	0	8,3	24
Geología	86,0	14,0	0	0	43
Maestros	79,6	14,6	0	5,8	103
Matemáticas	100,0	0	0	0	18
Teleco	97,9	0	0	2,1	49
Totales	80,8	12,4	0,6	6,2	615

La mención de factores o condiciones ambientales aparece sobre todo en alumnos del grupo-licenciatura Biologías (Tabla 3.15), y en menor medida en Magisterio, Geología, Ciencias Ambientales o Historias. No hay una clara mejoría en las respuestas por parte de los estudiantes de Biología según el curso (Tabla 3.16), aunque aparece un ligero repunte de “sí y ejemplos” en quinto. Respecto al total de respuestas dadas, la mención de dicha expresión ha correspondido aproximadamente al 19%. De entre todos los que utilizan la expresión, sólo el 3% ponen como ejemplos tanto factores bióticos como abióticos, mientras que el 32% sólo incluyen factores abióticos. Del resto desconocemos su opinión, aunque visto el mayor porcentaje de alumnos que especifican sólo factores abióticos, creemos que en el pensamiento de los alumnos se considera factor ambiental todo lo abiótico que rodea a los seres vivos, pero no a los propios organismos. Sobre esta hipótesis habrá que investigar en un futuro además de indagar en ella mediante las entrevistas (Capítulo 9).

Tabla 3.16. Porcentaje de respuestas en las que se menciona “factores ambientales” según curso de la licenciatura Biología (n es el total de respuestas en cada curso).

Nivel	no	si	si las 2	si y ejs.	n
Curso					
1	74,0	13,0	1,3	11,7	77
2	75,0	20,0	0	5,0	20
3	77,3	17,0	0	5,7	53
4	77,8	18,5	0	3,7	27
5	59,2	28,6	0	12,2	49
Totales	72,1	18,6	0,4	8,9	226

3.3.9. Razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable:

“Tres o una porque A, B y C son especies de la misma raza o de diferentes”. “ En este estudio hay implicada una especie de aves. Si la población B desapareciese, quedarían dos especies (hay contradicción entre lo dicho en 3.1 y lo dicho en 3.3)”. A la pregunta sobre cuántas especies hay contesta: “no se indica, tan solo se indica el número de poblaciones”. “2, 2, 1. Están implicadas dos especies. La especie A y C son iguales pero pertenecen a distintas poblaciones. Quedarían la población B y C. Una, ya que es la población B quien hace la diferencia, por lo tanto quedaría la especie de la población B. El razonamiento que utilicé fue reemplazar o semejar la población A y C como especies de hembra, y B como especie de macho. Esto porque dos hembras son imposible cruzar, pero si una especie de hembra y una especie de macho entre ellos (2ch17)”.

Nivel 1. Identifica población con comunidad:

Las combinaciones numéricas más frecuentes correspondientes a los apartados 3.1, 3.2 y 3.3 han sido: (2, 1, 0), (2, 1, 2), (2, 2, 2), (2, 3, 2).

“Dos especies puesto que la población B debe ser una población de dos especies diferentes A y C.”
 “No hay datos para determinarlo. He creído que especie y población no se refieren a una misma cosa, pudiendo una población englobar varias especies de aves o no, y refiriéndose exclusivamente a las aves de un lugar determinado”. “Todas aquellas que se integraran dentro del grupo A, B y C, dependiendo del número de especies que integren estas poblaciones”. “Digamos que B serían poblaciones de las 2 especies A y C”. “Hay dos especies, la población A está constituida por una especie 1 distinta de otra especie 2 que forma la población C, y la población B tiene individuos de las dos especies”. “No se puede saber cuántas especies están implicadas porque la población puede tener varias especies”. “Por lo menos hay 4 especies de aves, en la A hay una, en la B hay dos y en la C hay una”. “Dos individuos solo se pueden cruzar si son de la misma especie y una población puede estar constituida por más de una especie, por lo que A es una población de una especie y C es otra población de otra especie distinta mientras que B es una población constituida por la especie de la población A e individuos de la especie de la población C”. “Tres especies como mínimo porque que se crucen por ejemplo la población A con la B es debido a que en la población A viven algunas especies que coinciden con las que viven en la B”. “No se sabe cuántas especies. En una población pueden existir varias especies. 3 poblaciones. Podrían seguir existiendo las mismas especies, a no ser que en la población B existiese una especie entera, por lo que habría una menos”. “Suponiendo que las especies solo se pueden cruzar entre sí y que en cada población puede haber varias, tendremos dos especies”. “2, 2, 2. Dos especies puesto que la población B debe ser una población de dos especies diferentes A y C. Quedaría la población C y parte de la población B. Dos especies por el razonamiento de 3.1”. “2, 1, 0. Al ser A igual a B y C distinta, la reproducción entre ellas es lógica, ya que, solo especies en común pueden mezclarse, concluyendo que B posee dos especies en común, una con A y otra con C. Cuando desaparece una población, no puede reproducirse la que queda ya que no tiene especie en común para perpetuarse (2ch10)”. “. “2, 1, 2. Debe haber mínimo dos especies, ya que en la población B se encuentran las que se pueden reproducir con las otras dos poblaciones”. “2, 2, 2. Dos

especies. La población B está formada por especies de la población A y especies de la población C. Al desaparecer B quedan dos especies, la especie de la población A y la especie de la población C”.

Nivel 2. Especie igual a población:

Las combinaciones numéricas más frecuentes correspondientes a los apartados 3.1, 3.2 y 3.3 han sido: (3, 2, 2), (3, 2, 0), (5, 2, 2), (5, 3, 2).

“Están implicadas tres especies, la A, la B y la C”. “Siete: la A, la B, la C, la A+B, la B+A, la B+C y la C+B”. En la siguiente considera en el razonamiento que los cruces son a la vez población y especie: “habrá 5 especies, la de la población A, la de la población B, la de la población C, la de la población que se cruza entre la B y la C y la de la población que se cruza entre la B y la A”. En esta al preguntar por nº de especies o nº de poblaciones responde en cualquier caso como nº de poblaciones: “Población A, población B, población C, población descendiente de la A-B, población descendiente de la B-C. Tres poblaciones: Todas menos la A y la descendiente de A-B. Dos poblaciones: las iniciales menos la población B, cruce A-B y cruce B-C”. En la siguiente se observa que no solo considera especie a la población sino también a las poblaciones de los cruces : “5, 2, 2, el razonamiento: se entiende por especie a las características que pueden surgir incluso del cruce de poblaciones, incluyendo a estas mismas y a las poblaciones originarias”. “3, 3, 2. Ya que la B forma una población y la C otra, al juntarse crearían otra diferente que tendría las características y cualidades de la B y de la C”. “Son cinco especies, ya que tenemos las tres especies primarias A, B y C más luego la especie resultante de A+B y la otra de B+C. Quedarían 3, B, C y B+C. Solo 2 A, C”. “5, 3, 3. Cinco son: A, B, C, la resultante del cruce entre A y B, y la resultante del cruce en tre B y C. Tres porque se eliminaría la A y la resultante del mestizaje de A con B. Tres por el mismo razonamiento que el caso anterior, puesto que en este contexto entiendo los términos población y especie como sinónimos”. “3, 2, 2. Porque una población se define al conjunto de individuos que pertenecen a la misma especie”. “5, 2, 2. Las especies son las que forman poblaciones por lo tanto, ante esta interrogante hablar de especie y población es lo mismo”.

Nivel 3. Concepto morfológico-tipológico de especie:

Las tres respuestas incluídas en esta categoría son las que se mencionan a continuación.

“1, 3, 1. Solo existe un tipo de especie en este caso: la animal. Quedarían las tres poblaciones ya que como la población A puede cruzarse con la B seguiría habiendo estos tres tipos de aves”. “1, 1, 0. Es una especie que son las aves. Quedaría una población. Ninguna, porque no existiría cruzamiento con otras poblaciones”. “2, 1, 2. Dos especies. Si la A y la C son distintas entre ellas son dos especies y B sería un híbrido. Una, la que se formará con B y C. Dos, desaparecería la híbrida y quedarían las puras”.

Nivel 4. Se considera la reproducción e interfecundidad entre individuos:

Las combinaciones numéricas más frecuentes correspondientes a los apartados 3.1, 3.2 y 3.3 han sido: (1, 2, 1), (2, 1, 0), (2, 2, 0), (2, 2, 1), (2, 2, 1), (2, 2, 2), (2, 3, 2), (3, 2, 2).

“(respuesta a 3.1.) dos, porque si la población puede cruzarse quiere decir que pertenecen a la misma especie”. “Dos, la A y la C que son las que no pueden cruzarse entre si”. “Una porque no pueden mezclarse especies entre si”. “ Dos especies implicadas, la A y la C... si desaparece la B no quedaría ninguna porque la A solo se reproduce con la B y la C solo con la B”, “2, cada especie se forma por

cada pareja de poblaciones”. “Dos especies, AB y BC (individuos que son genéticamente compatibles, que se pueden reproducir entre si y tienen descendencia”. “Están implicadas dos especies, la obtenida al cruzar A y B; y la obtenida del cruce entre la población B y C. Ya que A y C no pueden cruzarse entre si”. “Tres especies porque se pueden cruzar de dos en dos pero no las tres entre si”. “1, 2, 1. Una porque no pueden mezclarse especies entre si”. “2, 2, 0. Supongo que están implicadas dos especies siempre y cuando se confirmara la diferencia citogenética entre A y C. Me temo que perviviría B y C aunque teóricamente tienen la misma posibilidad de perecer. Con el tiempo la pérdida de B acabará con las tres poblaciones pues es el nexo reproductivo; es decir, tendríamos la extinción física de todas las poblaciones y por tanto de la totalidad de especies hubiese las que hubiese”. “2, 2, 0. Pueden haber dos especies, ya que una se cruza y otra no puede. Al desaparecer B no queda ninguna porque entre la A y la C no se pueden cruzar, lo que llevaría a la larga a la extinción de estas, por no tener pares para cruzarse”. “2, 3, 2. Están implicadas dos especies ya que individuos de distintas especies no pueden cruzarse entre si, por lo que resultaría ilógico decir que en el estudio se consideran tres especies”. “3, 3, 2. Tenemos tres especies. A y C son dos especies porque no pueden cruzarse entre si. El hecho de que A y C puedan cruzarse con B pero no entre ellas implica que ambas derivan de B que sería la tercera especie”. “1, 2, 1. Si A se puede cruzar con B son de la misma especie y si a su vez B se puede cruzar con C es porque son de la misma especie. Sin embargo A y C no se pueden cruzar, ello puede ser debido a que den descendencia estéril y que por tanto no se pueden cruzar”. “1, 2, 1. Pienso que todas pertenecen a una sola especie y que se ha podido producir una mutación que se ha ido extendiendo en la población. Por esto unas poblaciones se pueden cruzar y otras no”.

Nivel 5. Concepto biológico de especie:

Las combinaciones numéricas más frecuentes correspondientes a los apartados 3.1, 3.2 y 3.3 han sido: (1, 1, 2), (1, 2, 1), (1, 2, 2).

“Con esos datos tenemos una especie en pleno proceso de especiación hacia esas dos especies hermanas. En el momento de desaparecer B, podríamos decir que la radiación o especiación ya es definitiva al darse el aislamiento reproductivo necesario para considerar a dos poblaciones, especies diferente, según uno de los conceptos de especie. Tendríamos dos especies.”. “Si A puede cruzarse con B es porque probablemente pertenecen a la misma especie, y si B puede cruzarse con C es porque también. Pero si A y C no pueden cruzarse entre si, entonces no se si hay una especie o dos, es posible que haya una especie y un *híbrido* de esa especie”. “1, 2, 2. Tras desaparecer B habrá dos especies, ya que entre A y C y no habrá intercambio genético y terminarán por separarse las dos poblaciones dando lugar a dos especies”. “1, 2, 2. La desaparición de B afectaría a la población A y a la C, pero estas no deberían desaparecer al menos teóricamente, aunque su incomunicación a lo largo del tiempo podría dar lugar a la especiación”. “3, 2, 2. Tres especies de aves muy próximas filogenéticamente, ya que si B puede cruzar con ambas puede ser que de la especie B surgieran, debido a otras condiciones, las especies A y C, pero no habría pasado el tiempo suficiente como para que B se aislase reproductivamente de A y C. Dos poblaciones ya que son poblaciones independientes. Solo quedarían dos especies, la A y la C, que estarían aisladas reproductivamente”. “1, 3, 1. Si existe intercambio de genes los tres pertenecen a la misma especie. Quedarían tres poblaciones: B, C y la híbrida BC. Seguiría existiendo una especie. Que A y C no puedan cruzarse no significa que sean de distinta

especie”. “1, 2, 2. Una porque la B puede cruzarse con ambas y hay flujo génico entre A y C por medio de B. Dos, B y C. Dos porque se aislarían A y C reproductivamente siendo cada vez más diferentes”. “1, 2, 2. Una debido a que B es la que ejerce de puente para que haya flujo genético. Tras desaparecer habría dos porque desaparece el flujo genético entre A y C”. “1, 2, 2. Una especie porque pueden intercambiar su material genético incluso indirectamente. Al desaparecer B quedan dos especies porque hay aislamiento reproductivo”.

Los resultados del total de los grupos-licenciaturas presentan diferencias significativas (Wald $\chi^2=43,86$, g.l.=8, p=0,0001; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.17) en sus respuestas. Las categorías con mayor número de respuestas son por orden: la dos, en la que se considera a especie igual que a población; la cero, que habitualmente es no contestada o no razonada; y la cuatro, en la que se tiene en cuenta la reproducción como criterio para explicar el número de especies que hay.

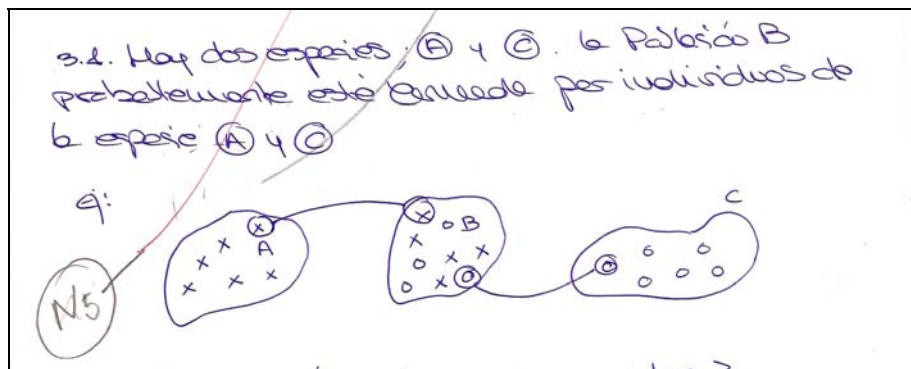
Tabla 3.17. Porcentaje de respuestas en los razonamientos para indicar el número de especies y poblaciones de aves según grupos-licenciaturas (n es el total de respuestas en cada grupo licenciatura).

Nivel	0	1	2	3	4	5	n
Grupo							
Bachillerato	66,7	0	11,1	0	22,2	0	18
CCAA	37,5	18,7	6,3	0	31,2	6,3	16
Historia	28,0	16,0	36,0	0	20,0	0	25
Biologías	23,8	7,8	21,3	0,3	30,1	16,6	319
Física-Química	16,7	4,2	58,3	0	20,8	0	24
Geología	46,5	4,6	11,6	2,3	34,9	0	43
Maestros	21,3	5,8	59,2	1,0	12,6	0	103
Matemáticas	22,2	5,5	72,2	0	0	0	18
Teleco	34,7	14,3	36,7	0	14,3	0	49
Totales	27,3	8,0	31,0	0,5	24,4	8,8	615

Los alumnos disponen de dos grupos de datos para hacer su razonamiento, por un lado el número de poblaciones y por otro la posibilidad de reproducción entre ellas. Una interpretación posible a estos resultados está en considerar que intentan explicar el problema planteado mediante la reproducción, pero se encuentran con una paradoja “A y B se pueden reproducir y son de la misma especie, B y C también, pero A y C no” ante la cual mejor no razonar o no responder. Esto es lo que podría haber ocurrido en los grupos Bachillerato, Ciencias Ambientales, Biologías y Geología, que tienen el máximo de respuestas entre las categorías cero y cuatro. Lo interpretamos así porque la definición del concepto de especie más frecuente en los libros de texto de E.S.O. y Bachillerato es aquella en la que se menciona la posibilidad de reproducción entre

individuos de la misma especie, sin que se hable de flujo genético entre poblaciones de la misma especie que están separadas, y sin que se comenten las dificultades que entraña este concepto y su definición (Capítulo 4). Esta definición, que han aprendido y utilizado en E.S.O. y Bachillerato, el que menos tres años y el que más cuatro, puede haberse asimilado de tal manera que es la que aplican en sus razonamientos o intentan aplicar sin éxito al encontrarse con la contradicción mencionada. Algunos (alrededor del 8%) han superado esta contradicción considerando que la población B está formada por varias especies comunes a las que hay en A o en C, siendo las de A y las de C diferentes lo que explicaría la imposibilidad de reproducción entre ellas (Fig. 3.4).

Figura 3.4. Una de las explicaciones gráficas ofrecida para explicar el número de especies de aves en el problema planteado en la pregunta 3.



Esta es la categoría uno, en la que se considera a la población como si fuese una comunidad, y recibe casi tantas respuestas como la cinco, cuyas contestaciones pertenecen básicamente a alumnos del grupo Biologías.

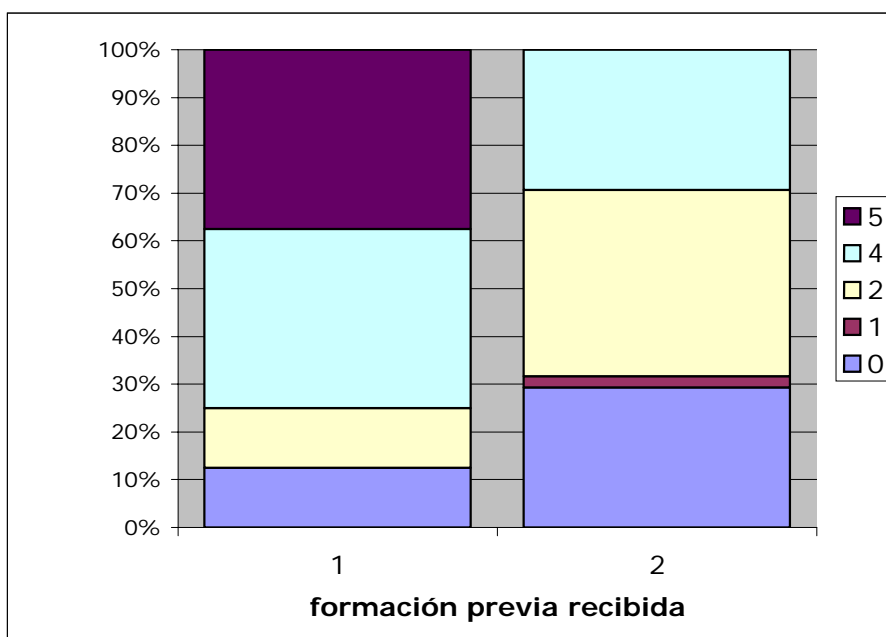
Si desconocen o no recuerdan la importancia de la reproducción para considerar el número de especies y no conocen otra forma, podrían no contestar o bien utilizar los datos que tienen sobre el número de poblaciones, considerando en este caso que el número de especies coincide con el de poblaciones, respuestas que también aparecieron en el estudio de Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993).

La opción que menos respuestas ha recibido ha sido la categoría tres, en la que se considera la visión tipológica, a pesar de que en la pregunta en la que había que diferenciar población y especie aparecía un porcentaje importante de respuestas con dicha visión. Esto no coincide con los resultados obtenidos por Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993), que observaron que un porcentaje importante de alumnos incluía explicaciones tipológicas tanto en la diferencia entre población y especie como en la del

razonamiento sobre el número de especies. Es posible que esta diferencia sea debida a que en nuestro caso, excepto 18 alumnos, todos han superado el Bachillerato, mientras que en el estudio de Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993), eran pocos los que pertenecían a educación superior.

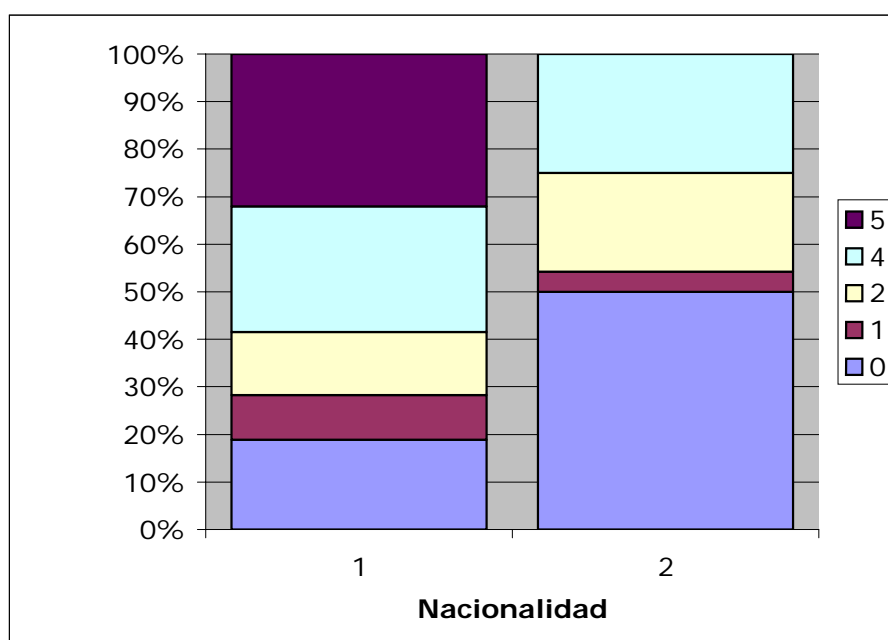
Al analizar los datos de los alumnos universitarios de primer curso procedentes de dos bachilleratos, no hay diferencias significativas entre ambos diferentes (Wald $\chi^2=0,88$, g.l.=1, $p=0,35$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.17), siguiendo la misma pauta comentada anteriormente, aunque se aprecia un mayor porcentaje de respuestas en la categoría cuatro en los alumnos de Ciencias de la Salud que en los de Humanidades. En este grupo no aparece ninguna respuesta en la categoría cinco, quizá por el motivo ya mencionado sobre el tipo de definiciones que aparecen en los textos de E.S.O. y Bachillerato. Sin embargo, al comparar los grupos de Zoología del primer curso de Biología que han recibido o no formación sobre el tema, apreciamos diferencias significativas entre ambos (Wald $\chi^2=16,13$, g.l.=1, $p=0,0001$; ajuste ordinal logístico; Fig. 3.5). En el grupo que ha recibido formación aparecen tantas respuestas en la categoría cinco como en la cuatro, y son pocos los alumnos cuyas respuestas están en la categoría cero.

Figura 3.5. Respuestas ofrecidas al problema de número de poblaciones y especies de aves por parte de los dos grupos de Zoología (1º de la licenciatura de Biología) que habían trabajado (izquierda) o no (derecha) previamente los conceptos.



Al comparar los alumnos de distinta nacionalidad de los primeros cursos no se han encontrado diferencias significativas entre ellos (Wald $\chi^2=0,07$, g.l.=1, $p=0,79$; ajuste ordinal logístico), estando repartidas las respuestas más numerosas también en las categorías cero, dos y cuatro, no habiendo ninguna respuesta en la categoría cinco en el caso de los españoles y tan sólo una en el caso de los chilenos. Sin embargo, nos ha llamado la atención que en el caso de los cursos superiores sí hay diferencias significativas (Wald $\chi^2=10,44$, g.l.=1, $p=0,0007$; ajuste ordinal logístico), encontrando que los alumnos de 3° españoles acumulan el porcentaje más alto de respuestas en las categorías cinco y cuatro, mientras que los alumnos de 4° chilenos acumulan las contestaciones más numerosas en las categorías cero y cuatro, no existiendo respuestas en la cinco (Fig. 3.6). Nos extrañan estos resultados, porque estos alumnos realizaron la encuesta cuando terminaron el semestre en el que habían estudiado la asignatura de evolución.

Figura 3.6. Respuestas ofrecidas al problema de número de poblaciones y especies de aves por parte de los estudiantes españoles de 3° (izquierda) y los chilenos de 4° (derecha).



Cuando analizamos las respuestas dadas por curso dentro de la licenciatura de Biología, no aparecen diferencias significativas (Wald $\chi^2=5,44$, g.l.=4, $p=0,25$; ajuste ordinal logístico; Tabla 3.18). Vemos que la categoría con mayor porcentaje de respuestas ha sido la cuatro, a la que le sigue la cinco, y no muy lejos de ésta y con iguales porcentajes están cero y dos. Observamos que hay una tendencia a responder

con mayor corrección conforme el nivel es superior, sin embargo esta tendencia no se sigue en 5° curso (Tabla 3.18). Algo similar ocurría en la pregunta 1.2 que conseguía mejores respuestas en alumnos de 2° y 3° pero no ocurría en 4° y 5°. Una interpretación posible a estos resultados está en la estructuración de los planes de estudio de Biología y en la forma de enfrentarse los alumnos a la superación de los cursos. Tal y como está estructurado actualmente el plan de Biología, las asignaturas obligatorias y troncales se acumulan sobre todo en los tres primeros cursos, aumentando el número de asignaturas optativas desde tercero. Así, a partir de dicho curso comienza la especialización de los alumnos que, por la oferta de optativas, casi pueden llegar a conseguir una licenciatura de Biología “a la carta”.

Tabla 3.18. Porcentaje de respuestas en los razonamientos para indicar el número de especies y poblaciones de aves según cursos en la licenciatura de biología (n es el total de respuestas en cada curso).

Curso	Nivel	0	1	2	3	4	5	N
1		22,1	3,9	27,3	0	32,5	14,3	77
2		30,0	0	15,0	0	35,0	20,0	20
3		18,9	29,4	13,2	0	26,4	32,1	53
4		7,4	14,8	11,1	0	33,3	33,3	27
5		16,3	14,3	18,4	0	32,6	18,4	49
Totales		19,0	8,4	19,0	0	31,4	22,1	226

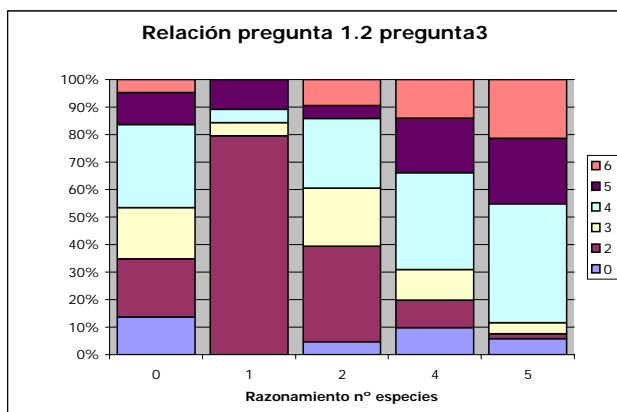
Ante semejante perspectiva creemos que, una vez superadas las asignaturas troncales, el alumno deja a un lado los conocimientos más básicos, que posiblemente ha estudiado únicamente con vistas a aprobar un examen, para poder enfrentarse a asignaturas que le brindan una mayor especialización y, quizá, una mayor satisfacción personal.

3.3.10. Relación de la diferencia entre población y especie (pregunta 1.2) con el razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3)

Además de averiguar si los alumnos conocen los conceptos y si los saben aplicar a un caso concreto, hemos querido averiguar si quienes dominan la teoría son capaces de aplicarlo a un caso concreto o por el contrario sólo hacen una de las dos cosas. Suponemos que, si los alumnos han llevado a cabo un aprendizaje significativo de ambos conceptos, deberán saber aplicarlos a un caso concreto. Si no es así, o bien han realizado un aprendizaje memorístico de las definiciones, o bien saben aplicar los conceptos pero no saben definirlos adecuadamente.

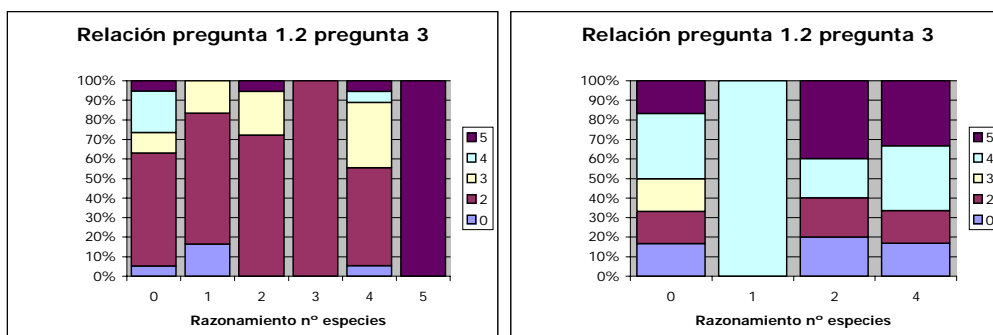
Una vez más, los resultados muestran que los alumnos del grupo-licenciatura de Biologías muestran unas respuestas más coherentes ($r_s=0,334$, $p<0,0001$) que el resto de los grupos ($r_s=-0,016$ a $0,260$, $p=0,9523$ a $0,2201$) correspondiendo las respuestas con categorías más altas en teoría a las más altas en la pregunta de aplicación (Fig. 3.7).

Fig. 3.7. Relación de la diferencia entre población y especie (pregunta 1.2) con el razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3) para alumnos de la licenciatura de Biología



Esta correlación positiva se da en todos los alumnos españoles de los cursos de Biología ($r_s=0,392$ a $0,411$, $p=0,0037$ a $0,0332$) excepto en segundo ($r_s=0,047$, $p=0,8439$) pero no hay, sin embargo, correlación en ninguno de los dos grupos de alumnos chilenos encuestados (2º curso: $r_s=0,066$, $p=0,6113$; 4º curso: $r_s=0,137$, $p=0,5230$; correlación de rangos de Spearman; Fig. 3.8).

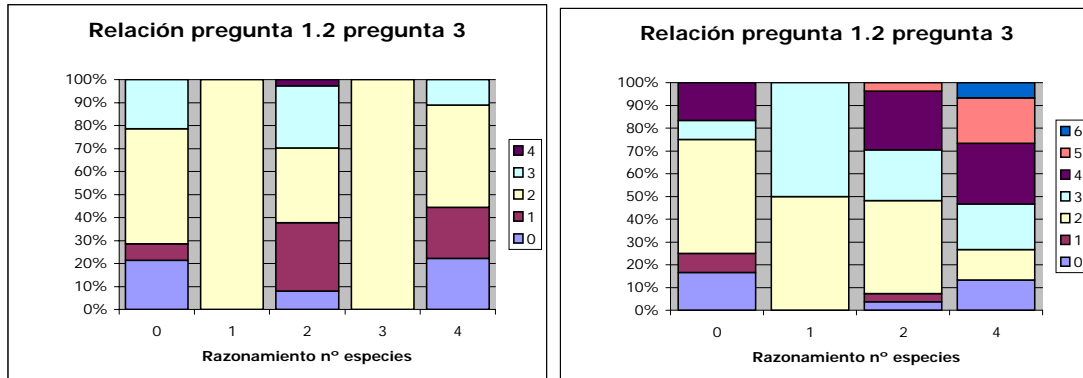
Fig. 3.8. Relación de la diferencia entre población y especie (pregunta 1.2) con el razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3) para alumnos chilenos de 2º (izquierda) y 4º (derecha).



En el caso de los alumnos procedentes de diferentes bachilleratos, se puede apreciar que hay mayor coherencia en las respuestas de los que proceden del

bachillerato de Ciencias de la Salud, mientras que no ocurre así en el otro grupo (Fig. 3.9).

Fig 3.9. Relación de la diferencia entre población y especie (pregunta 1.2) con el razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3) para alumnos procedentes de los bachilleratos de humanidades (izquierda) y de ciencias de la salud (derecha).



Nos llaman la atención los resultados obtenidos en la comparación de los dos grupos de Zoología, pues en el caso del grupo que ha sido instruido en ambos conceptos no se observa la correlación esperada ($r_s = -0,0015$, $p = 0,9946$; correlación de rangos de Spearman), a pesar de haber obtenido mejores resultados que el otro, tanto en el bloque uno como en el bloque tres. Es posible que algunos dominen más el aspecto teórico y otros más el práctico. Tanto para este caso como para el de los alumnos chilenos, no encontramos una explicación general plausible.

Podemos concluir diciendo que la coherencia en las respuestas por individuo se ve, en cierto grado modulada por la instrucción recibida aunque no es extensivo a todos los alumnos, quizá porque sus respuestas no son el resultado de un modelo mental fuerte y coherente sino que se ven influidas más por la forma en que se les pregunta o el tipo de actividad que se les demanda (González García y Jiménez Tejada, 2006).

3.4. Conclusiones

Hemos apreciado en las respuestas de los alumnos una tendencia al antropocentrismo, que es menor en aquellos con una formación más especializada en biología; también hemos observado cómo algunas pueden tratarse de concepciones espontáneas a partir de lo observado o lo vivido por ellos a través de lo cotidiano, concepciones que podrían ser difíciles de mitigar. La visión tipológica del concepto de especie parece estar bastante

difundida en parte por el “uso vulgarizado”, que todos podemos hacer, del término especie.

Creemos que es desde estos tres aspectos de donde hay que partir para mejorar las concepciones erróneas que tienen los alumnos respecto a los conceptos de población y especie. Puesto que lo observado o lo vivido en lo cotidiano puede marcarnos en mayor o menor medida, creemos conveniente hacer una propuesta didáctica cuya base sea precisamente lo que nos rodea. En ese sentido puede ser interesante acercar al alumnado a las poblaciones y especies a través de trabajos de campo, pues permiten una mayor motivación de los alumnos y unos buenos resultados en el aprendizaje (Magntorn y Helldén, 2007). Siendo conscientes de las dificultades que con mucha frecuencia suponen las salidas al campo, puede ser igual de interesante diseñar experiencias que impliquen al mayor número posible de disciplinas y que tengan como lugar de actuación el huerto escolar o en su defecto algún parque de la localidad. La especial preferencia que parece tener el alumnado por las actividades prácticas en general (García Gómez et al., 1995) hace que esta propuesta deba ser tenida en cuenta. Otra opción que no debemos descartar, sobre todo por el uso cada vez más generalizado de las nuevas tecnologías en los centros educativos, es la utilización de juegos de simulación por ordenador, posibilidad que es bastante atractiva para el alumnado (García Gómez et al., 1995) a la vez que positiva para su aprendizaje (Bromham y Oprandi, 2006; Nevanpää y Law, 2006).

Pese a lo dicho, no queremos dejar atrás el uso de recursos más tradicionales como la prensa o los textos históricos. La prensa puede permitir hacer un análisis de los usos de la palabra “especie” para confrontarlos con el concepto biológico de dicho término; para población también podría ser útil ver todas las acepciones posibles que tiene e investigar cuáles son las que se utilizan en diversos artículos de prensa relacionados con estudios estadísticos, demográficos o medioambientales.

La historia de las ciencias tiene un interés didáctico cada vez más reconocido (Gagliardi, 1988; Pedrinaci, 1993; Sequeiros, 1993) por lo que el uso de textos históricos puede ser una herramienta interesante para enfrentar a los alumnos con sus concepciones y las que aparecen en dichos textos. Los textos de Darwin, Malthus, Buffon, Lamarck y otros pueden ser de gran ayuda para comprender la evolución, y los conceptos de población y especie, como lo han sido los de Aristóteles, Van Helmont, Redi o Pasteur para comprender algo mejor el origen de los seres vivos (Borrego Aguayo et al., 1995).

Capítulo 4. La revisión de los libros de texto de Ciencias

Capítulo 4. La revisión de los libros de texto de Ciencias

4.1. Introducción

Los libros de texto por sus características son utilizados ampliamente por el profesorado al recopilar suficiente información y hacer una propuesta didáctica que puede ponerse en práctica con cierta facilidad. Su uso como primera fuente de información en las clases está ampliamente extendido por diversos países tal y como lo manifiestan varios autores (Stake y Easley, 1978; Exline, 1984; Harms y Yager, 1981; Yore y Denning, 1989, etc.). Pero no sólo es el más utilizado en el aula sino fuera de ella, por lo que un texto cuyos contenidos estén bien secuenciados y que emplean un lenguaje cuidado y adecuado puede ofrecer una buena oportunidad de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo no es raro encontrar errores en los textos, errores que a veces son comentados por el profesorado compensando de esta forma los fallos. No obstante hay veces que los errores no son detectados y acaban formando parte de las ideas alternativas de los alumnos, e incluso de los propios profesores. En ocasiones es el lenguaje utilizado en ellos el que puede contribuir a mantener y reforzar dichas ideas alternativas.

Son estos motivos suficientes para realizar una revisión de los textos utilizados en Secundaria y Bachillerato. Así , en este capítulo vamos a intentar aproximarnos a la forma en que los textos de Ciencias Naturales abordan la enseñanza de los conceptos de población y especie.

4.2. Metodología

Se ha revisado un total de 64 libros de texto de diversos cursos y asignaturas editados desde 1995 hasta 2006, distribuidos de la siguiente manera: 11 de Ciencias de la Naturaleza de 1º E.S.O., 7 de Ciencias de la Naturaleza de 2º E.S.O., 13 de Biología y Geología de 4º E.S.O., 19 de Biología y Geología de 1º Bachillerato, 6 de Biología de 2º Bachillerato, y 8 de Ciencias de la Tierra de 2º Bachillerato (ver Anexo 4.1 para información detallada de cada uno de los libros revisados).

Para conocer si ha habido variaciones en el temario durante dichos años, se han consultado los Reales Decretos de enseñanzas mínimas para Bachillerato (R. D. 1178/1992 y R. D. 3474/2000) y E.S.O. (R. D. 1007/1991 y R. D. 3473/2000) que afectaron a dicho período, observando que no hubo cambios en la E.S.O. Los

contenidos relacionados con los conceptos de población y especie se encuentran distribuidos en la E.S.O. de la siguiente forma en ambos decretos:

1ºESO:

7. Clasificación de los seres vivos. Los cinco reinos. Introducción a la taxonomía. Virus, bacterias y organismos unicelulares eucarióticos. Hongos. El reino vegetal. Principales troncos. El reino animal. Principales troncos. La especie humana.

2ºESO:

8. El tránsito de energía en los ecosistemas. Conceptos de Biosfera, Ecosfera y Ecosistema. Productores, consumidores y descomponedores. Cadenas y redes tróficas. La biomasa como fuente de energía.

4ºESO:

II. Genética y evolución.

5. Genética. Reproducción celular. Mitosis y meiosis. Reproducción y herencia. Las leyes de Mendel. Aproximación al concepto de gen. Estudio de algunas enfermedades hereditarias. Aspectos preventivos: diagnóstico prenatal. Manipulación genética: aplicaciones más importantes.

6. Evolución. El origen de la vida. Principales teorías. La evolución: mecanismos y pruebas.

III. Ecología y medio ambiente.

7. Los seres vivos y el medio ambiente. El medio ambiente y sus tipos. Conceptos de especie, poblaciones y comunidades. Las adaptaciones a los diferentes medios. Ecosistemas terrestres y acuáticos.

8. Dinámica de ecosistemas. El flujo de la energía en un ecosistema. El ciclo de la materia. Principales ciclos biogeoquímicos. Cambios naturales en los ecosistemas. Cambios producidos por el hombre. Impactos ambientales. Su prevención.

En 1º de Bachillerato, en el R. D. 1178/1992 se incluye *el origen y evolución de los seres vivos y la herencia, un enfoque mendeliano*, que no aparecen para dicho curso en el R. D. 3474/2000, mientras que sí se incluye en este último la *clasificación de los organismos*.

Para la Biología de 2º de Bachillerato, en ambos decretos dentro del bloque de “Bases químicas de la herencia” están implícitas *las alteraciones en la información genética: consecuencias e implicaciones en la adaptación y evolución de las especies. Selección natural*. En el último decreto para 2º de Bachillerato se incluye *la herencia mendeliana* pero no aparece en el anterior.

Para las Ciencias de la Tierra no hubo modificaciones en el bloque de la Biosfera, que es el que se ha revisado.

Para el análisis de los textos se elaboró la ficha presentada en el Cuadro 4.1.

No todos los elementos que aparecen en la ficha son analizados en los 64 textos. Los datos de cada libro, los ítems 1 y 47, la ubicación de los temas indicados con los números 2 a 6, y la mención de la población en los temas anteriores (indicado con los números 7 a 11) se investigan en todos los textos. El resto se distribuyen como sigue:

Los ítems 12 al 32 se analizan en los temas de Ecología y en el bloque de Biosfera en la asignatura Ciencias de la Tierra.

- Para el tema de Taxonomía se han utilizado los ítems desde el 12 al 15 y desde el 25 al 31. En el libro de 1º E.S.O. de Oxford Educación (2000) se trata excepcionalmente la Ecología, pero para el estudio estadístico se han tenido en cuenta los datos correspondientes al tema de Taxonomía. Los libros de 1º Bachillerato de McGraw-Hill (1996) y de Santillana (1996) se han eliminado del estudio para este apartado, pues el primero no trata Taxonomía y el segundo la trabaja con el tema de evolución, siendo los datos que aparecen en el archivo informático para el de ecología.

- Los temas de Evolución y la especiación se han investigado con los ítems 33 al 42, el 46 y el 48.

- Los temas de Genética se examinan con los ítems 43 a 46.

Cuadro 4.1. Ficha usada en la revisión de los libros de texto de Enseñanzas Medias empleados en este capítulo.

ASIGNATURA.....	
EDITORIAL.....	
CURSO.....	
TÍTULO.....	
ANO DE EDICIÓN.....	REEDICIÓN.....
1. Desarrollo de un capítulo específico para población	si no
Ubicación en el libro de los siguientes temas:	
2. Taxonomía	3. Genética
4. Evolución	5. Ecología
6. Biosfera	
Mención de la población en los siguientes temas:	
7. Taxonomía	8. Genética
9. Evolución	10. Ecología
11. Biosfera	
EN EL TEMA DE ECOLOGÍA O DE BIOSFERA:	
12. Definición de individuo	si no
13. Definición de población:	a) espacio b) tiempo c) especie
14. Definición de especie:	a) semejanzas morfológicas b) interfecundidad c) desc. fértil
15. Menciona la dificultad de definir el concepto de especie:	si no
16. Definición de densidad de población	
17. a) Factores abióticos b) factores bióticos c) interespecíficos d) intraespecíficos	
18. Cambios en la población por:	
a) natalidad	si no
b) mortalidad	si no
c) migraciones	si no
19. Tasa de fecundidad	si no
20. Capacidad máxima de reproducción:	si no
21. Estructura de las poblaciones según sexo	si no
22. Estructura de las poblaciones según edad	si no
23. Pirámides de poblaciones en teoría:	si no
24. Pirámides de poblaciones en actividades:	si no
25. Métodos y técnicas de muestreo en teoría:	si no
26. Métodos y técnicas de muestreo en actividades:	si no
27. Propone trabajos de campo en actividades:	si no
28. Propone actividades para trabajar el concepto de población:	si no
29. Propone actividades para trabajar el concepto de especie:	si no
30. Ejemplos de especie:	si no
31. Ejemplos de población:	si no
32. a) Curva de crecimiento actividades b) Curva de crecimiento teoría	
EVOLUCIÓN Y ESPECIACIÓN	
33. Recuerda el concepto de especie: a) semejanzas morf. b) interfecundidad c) desc. fértil	
34. Menciona la dificultad de definir el concepto de especie:	si no
35. Recuerda el concepto de población: a) espacio b) tiempo c) especie	
36. Relaciona el proceso de especiación con la evolución:	si no
37. Diferencia los distintos tipos de especiación:	si no
38. Menciona los mecanismos de aislamiento reproductivo:	si no
39. Ejemplos especie	40. Actividades especie
41. Ejemplos de población	42. Actividades población
GENÉTICA	
43. Recuerda el concepto de especie: a) semejanzas morf. b) interfecundidad c) desc. fértil	
44. Menciona la dificultad de definir el concepto de especie:	si no
45. Recuerda el concepto de población: a) espacio b) tiempo c) especie	
46. Relaciona variabilidad genética (mutación/r. sexual) con evolución y/o especiación en genética.	
46. Relaciona variabilidad genética (mutación/r. sexual) con evolución y/o especiación en evolución.	
47. Incluye bibliografía recomendada:	si no
48. Tratamiento del tiempo en evolución:	
1. cuantitativa (m. a.) en: a) hª evolutiva de seres vivos b) pruebas evolutivas c) descr. proceso	
2. cualitativa: a) tiempo b) generaciones	

A lo largo de este capítulo, el análisis estadístico de los datos supone comparar una distribución de frecuencias experimental frente a una teórica, la que nosotros consideramos correcta. De acuerdo con la naturaleza de los datos, el análisis más apropiado debería ser un tests de bondad de ajuste usando la χ^2 como estadístico. Sin embargo, nuestros datos incumplen sistemáticamente los requerimientos de este análisis, a saber: que los valores esperados de al menos el 80% de las celdas sean mayores de 5. Sin embargo, esta situación es imposible cuando la distribución teórica presenta una sola opción correcta (y por lo tanto las demás están vacías) frente a la distribución experimental, que puede presentar tantas opciones reconocibles como queramos distinguir en función de los datos. Aunque en la práctica suele permitirse que una de ellas muestre frecuencias esperadas ligeramente por debajo de este valor, nuestro incumplimiento sistemático de los requerimientos del análisis nos ha forzado a buscar una alternativa. En nuestro caso usaremos el test exacto de Fisher (Zar 1996).

La aplicación de este test no está exenta de dudas, ya que su uso habitual es el cálculo de probabilidades en tablas de contingencia y no en test de bondad de ajuste, sin embargo, al menos no requiere de celdillas no vacías (de hecho está especialmente indicado en situaciones de tamaño muestral bajo).

4.3. Resultados y Discusión

4.3.1. Desarrollo de un capítulo específico para población (ítem 1)

La presencia de un capítulo específico para el estudio de la población puede ser factible en la parte dedicada a ecología y sobre todo para 4º E.S.O. y C.T.M.A. de 2º de Bachillerato. Aunque no es imprescindible que lo haya, incluir un tema específico de población podría permitir un enfoque novedoso de la ecología, al menos en 4º E.S.O., donde se deben trabajar las adaptaciones de los organismos a los diferentes medios. Creemos que sería un buen punto de partida para enlazar la ecología con la evolución. No obstante lo dicho, sólo hay un libro de 4º E.S.O. (Anaya Andalucía 1998) y otro de C.T.M.A. de 2º de Bachillerato (Anaya Andalucía 2003) que presentan un capítulo específico para población. Tampoco lo hay en los de 2º E.S.O. analizados. Por excepcional tenemos que hablar del libro de 1º de Bachillerato de la editorial Santillana,

porque en él se incluye un capítulo específico de población además de trabajar taxonomía, ecología, evolución y genética.

4.3.2. Ubicación de temas relacionados con los conceptos de población y especie (ítems 2 a 6)

El profesorado, por lo general, suele seguir el orden recomendado por los autores del libro de texto, siendo frecuente dejar para el último trimestre (lo que corresponde en los libros a los últimos temas) aquellas partes que requieren de unos conocimientos previos de otras partes de la asignatura, o que por su menor interés pueden quedar para el final por si no hay tiempo de tratarlas. Según los R. D. anteriormente mencionados, la distribución de bloques para cada curso sería:

- La Taxonomía en libros de 1º E.S.O. y 1º Bachillerato.
- La Genética en 4º E.S.O. y en 1º Bachillerato o 2º Bachillerato de Biología.
- La Evolución en 4º E.S.O. y en 1º Bachillerato o 2º Bachillerato.
- La Ecología en 1º, 2º y 4º E.S.O.
- El bloque Biosfera en 2º Bachillerato para Ciencias de la Tierra.

No obstante, puede haber excepciones a dicha distribución.

En 1º E.S.O. la parte correspondiente a taxonomía se trata en todos los libros, y se les dedica un tema que supone del 7 al 11% del total de la asignatura. Estos temas usualmente se sitúan en el último tercio del libro, aunque hay tres que lo incluyen en el primer tercio. Si suponemos que el profesorado da los temas en el mismo orden que propone la editorial, la taxonomía se trabajaría en el último trimestre, aunque no siempre sea así. La genética no aparece en ninguno de ellos, mientras que la ecología aparece en uno de ellos y la evolución en dos. Aunque según el R. D. la ecología no aparece en 1º sino en 2º, al tratarse de dos cursos de un mismo ciclo, hay editoriales que hacen la distribución de contenidos de manera, diferente manteniéndolos en el ciclo correspondiente aunque en diferente curso. La evolución aparece no como tema aparte, sino incluido en el de taxonomía. Esta propuesta nos parece muy adecuada, pues la clasificación de los seres vivos debe seguir unas pautas que se apoyen en la evolución, y es lo que debe transmitirse a los alumnos.

En 2º E.S.O. todos los libros salvo uno tienen un capítulo dedicado a ecología, situado habitualmente en el primer tercio del libro (la presentan cuatro libros) mientras

que dos lo sitúan al final. El porcentaje que se dedica a este tema está comprendido entre el 6,3% y el 18,2%, que se corresponde en general con un tema, excepto un libro que le dedica dos temas, aunque en ese caso uno de ellos incluye información relacionada con evolución.

En 4º E.S.O. la posición de la genética, la ecología y la evolución en los libros es, en general, bastante heterogénea, pero observamos que la genética suele situarse en los dos primeros tercios del libro y la ecología y, en menor medida, la evolución, en los dos últimos.

La atención que prestan los libros al tema de la evolución es similar, pues todos ellos le dedican sólo un tema, lo que supone unos porcentajes entre el 6,3% y el 14,3%. La genética muestra más variación, porque aunque hay nueve libros con un solo tema, hay tres libros que le dedican tres, lo que supone que los porcentajes varíen entre el 6,3% y el 27,3%. A la ecología lo más frecuente es dedicarle dos temas, aunque hay dos libros que la trabajan en uno y excepcionalmente un libro utiliza cinco unidades, suponiendo unos porcentajes comprendidos entre 12,5% y 33,5%.

En 1º Bachillerato los contenidos especificados por los R. D. por lo general se ajustan bastante bien en los textos, aunque no es raro que se incluyan otros adicionales, como ocurre para la taxonomía, que aparece en dos libros anteriores al decreto 3474/2000; para la genética, en tres libros posteriores al mismo decreto; para la evolución, en tres posteriores al mismo decreto y dos con reedición en 2001; y para ecología, que no aparece recogida en ninguno de los dos R. D., hay dos libros. Sin embargo, hay que indicar que tres libros incumplen la ley, porque siendo posteriores al mencionado decreto deberían tratar la taxonomía y sin embargo no la incluyen. Con excepciones, lo habitual es que estos cuatro bloques se trabajen en el segundo o en el último tercio del libro. El porcentaje de dedicación para cada uno de ellos nunca es superior a tres temas, siendo la taxonomía y la ecología las que menos atención reciben, seguidas de genética y evolución llegando en este último bloque hasta el 17,7%.

En 2º Bachillerato, asignatura de Biología, el bloque de genética ocupa el último tercio del texto en cinco de los seis libros analizados, y tan sólo en uno se incluye junto con la genética algo de evolución, inclumpliendo los otros cinco lo que dicta la ley. El porcentaje de temas dedicados a la genética se sitúa entre el 4,5 y el 17,9%.

En 2º Bachillerato, asignatura de C.T.M.A., el porcentaje de temas dedicados a la biosfera se sitúa entre el 9,5 y el 19 %, siendo más habitual su situación a partir del

segundo tercio del libro. Tan sólo un libro dedica un capítulo a la población, aunque el término aparece mencionado en todos los libros.

4.3.3. Mención de la población en los temas que se refieren a taxonomía, genética, evolución, ecología y biosfera (ítems 7 a 11, 13, 35 y 45)

Estos ítems pretenden averiguar si se utiliza la palabra población, bien en el texto o asociada a gráficas o fotos, en los temas que se refieren a taxonomía, genética, evolución, ecología y biosfera. Por su parte, los ítems 13, 35 y 45 indagan sobre la existencia de la definición de dicho término en ecología o biosfera, en evolución o especiación, o en genética, respectivamente.

La relación del término población con la ecología o la biosfera se comprende porque en un ecosistema no sólo se necesita conocer la presencia o ausencia de las especies, sino también su abundancia y los cambios que suceden en el espacio y en el tiempo (Berryman, 2002), para lo que se necesita el estudio de las poblaciones. El curriculum oficial también establece esta conexión, ya que en 2º E.S.O. conceptos como biosfera, ecosfera o ecosistema necesitan para su definición la comprensión de las poblaciones, en 4º E.S.O. se especifica el conocimiento de dicho concepto, y en 2º Bachillerato para C.T.M.A., en el bloque de biosfera (o ecosfera) hay un apartado dedicado a los componentes bióticos de los ecosistemas y a la biodiversidad. Conviene hacer hincapié en este y otros conceptos como comunidad o ecosistema, que comúnmente son confundidos por los alumnos (Adeniyi, 1985). Por estos motivos, lo esperado sería no solamente encontrar la palabra población en la parte de ecología, sino también su definición. Sin embargo, el único curso en el que aparece mencionada la población en alguna parte de la ecología y en todos los libros es en 2º Bachillerato para la asignatura de C.T.M.A., mientras que en 2º y 4º E.S.O., se mencionan con frecuencia (83,3 y 92,3% respectivamente), por lo que los resultados no se separan significativamente de lo esperado ($p=1,00$ en ambos; test exacto de Fisher)

Respecto a la existencia de su definición en 2º E.S.O. sólo aparece en el 50%, en 4º E.S.O. en el 61,5 (5 no y 8 si)% y en CTMA de 2º Bachillerato en el 75% distando todos estos resultados de lo que consideramos correcto, aunque los resultados no sean significativos (2º E.S.O.: $p=0,1818$; 4º E.S.O.: $p=$; C.T.M.A.: $p= 0,4667$; test exacto de Fisher). Hay que añadir que, en el caso de 4º E.S.O., la ausencia de dicha definición es

más inexplicable, pues además de lo antedicho, su inclusión está específicamente indicada en el R.D.: “*Conceptos de especie, poblaciones y comunidades*”.

La relación entre taxonomía y población viene determinada por la existencia de una categoría natural como es la especie y por una clasificación en la que se tienen en cuenta las relaciones evolutivas entre grupos taxonómicos. Recordemos que la unidad básica de la evolución son las poblaciones, y que por ello sería también conveniente explicar la taxonomía desde un punto de vista evolutivo, por lo que debería aparecer y definirse el concepto población. Pero el uso del término población en la parte de taxonomía no es frecuente, pues en 1º E.S.O. sólo aparece en un libro, en el que además se habla de evolución. Nos preguntamos si aparecería dicho término en el caso de que no se incluyese la evolución en el tema de taxonomía. En 1º de Bachillerato las expectativas son algo mejores, pero también se separan significativamente de lo deseable ($p=0,0325$; test exacto de Fisher) pues dicho término está presente sólo en el 50% de los textos investigados. La definición de población podríamos considerarla rara en ambos cursos, pues son uno y dos respectivamente los libros que las incluyen.

La relación entre genética y población es bastante más estrecha de lo que puede parecer en una primera mirada. Los cambios evolutivos llevan consigo cambios en las frecuencias génicas, pudiendo ser éstas diferentes de unas poblaciones a otras dentro de la misma especie. Sabemos que el alelo de la anemia drepanocítica o falciforme se mantiene con altas frecuencias en muchas regiones africanas al poseer el heterocigoto una ventaja selectiva que protege frente a la malaria, una de las causas principales de enfermedad y muerte en estas zonas (Curtis y Barnes, 1994). Ejemplos como este, que muestra las diferentes frecuencias génicas en distintas poblaciones, puede despertar el interés de los alumnos a la vez que se desecha la idea errónea de que “las mutaciones son siempre malas”. La biotecnología y la manipulación genética también son temas especialmente motivadores para el alumnado, pues la filmografía ha ofrecido con frecuencia una visión cercana a la ciencia-ficción, encontrando en los adolescentes un público fiel. Sin embargo, no siempre se muestra la realidad en estas películas, que pueden servir, al menos, para introducir la genética o la evolución y fomentar el debate sobre temas de interés como los transgénicos, la terapia genética o la patente de genes humanos de escondidas poblaciones indígenas por parte de ciertas multinacionales. Estos son motivos de interés para que aparezca mencionado y definido el término población en la parte del texto dedicada a la genética. Pese a todo, también en esta parte

de la asignatura hay libros tanto de 4° E.S.O. (38,5%) como de Bachillerato (15,4%) donde no se utiliza dicho término. Su definición es rara en los libros de Bachillerato e inexistente en los de 4° E.S.O., sin embargo esta deficiencia podría ser paliada por el profesorado, pues por lo general casi todos los profesores lo repasan (Capítulo 5).

La relación entre evolución y población puede parecer obvia, pues los cambios que conducen a la evolución no ocurren en el individuo sino en la población; sin embargo, son muchos los alumnos que aún poseen una visión lamarckista (ver, por ejemplo, Engel y Wood, 1985; Jiménez Aleixandre y Fernández, 1989; Jiménez Aleixandre, 1992; Egea et al. 1996). Está justificado, por tanto, el uso y definición de dicho concepto también en la parte de evolución. En 4° E.S.O. se utiliza dicho término en todos los libros, mientras que en 1° Bachillerato el 12,5% no lo tienen. Pero el porcentaje de uso del término no se corresponde con la existencia de su definición, que es respectivamente de 38,5% ($p=0,0016$) y 40% ($p=0,0007$; test exacto de Fisher) separándose, por tanto, significativamente de lo deseable.

4.3.4. Mención de la especie en los temas que se refieren a taxonomía, genética, evolución, ecología y biosfera (ítems 14, 33 y 43)

Si la presencia de la definición de población es importante, no lo es menos la definición de especie, que igualmente está relacionada con los cuatro temas ya mencionados, por lo que se esperaría la presencia y definición del término en los mismos. Su presencia y definición en los temas de taxonomía, ecología o biosfera, en evolución o especiación, o en genética, se investiga con los ítems 14, 33 y 43 respectivamente.

En taxonomía, la especie es considerada la categoría natural de clasificación, por lo que debería estar definida en todos los libros que traten esta parte de la biología, sin embargo encontramos que, aunque es frecuente que aparezca, algunos libros tanto de 1° E.S.O. como de 1° Bachillerato no la incluyen, aunque los resultados no se separan significativamente de lo esperado (1° E.S.O.: $p=0,4672$; 1° Bachillerato: $p=0,4706$; test exacto de Fisher).

En ecología, las especies constituyen la biocenosis en los ecosistemas, por lo que su repaso en los cursos y temas de ecología es necesario, a lo que hay que añadir que en el curriculum oficial de 4° E.S.O. se especifica su definición y las de ecosfera, biosfera y ecosistema para 2° E.S.O., mientras que en 2° Bachillerato para C.T.M.A. hay un bloque específico de biosfera, por lo que entendemos que en estos casos es necesario

introducir previamente lo que son las especies. Pese a esto, nos llama especialmente la atención que en 2º E.S.O. y 2º Bachillerato no se encuentra definida la especie en ningún libro y en 4º es escasa (sólo el 15,4% la incluyen).

La relación entre genética y las especies puede ser interesante para introducir esta parte de la asignatura, que aunque inicialmente puede llamar la atención acaba por perderla a causa de las dificultades de la misma. La biotecnología es un campo de la biología que en la actualidad suscita numerosos debates e interés tanto entre especialistas como entre profanos en la materia. No escasean en los diversos medios de comunicación noticias sobre transgénicos, terapias génicas o transplantes que pueden ser utilizadas para captar la atención de los alumnos mostrando en todos ellos la importancia de la compatibilidad genética interespecífica o intraespecífica. Dicho interés no parece ser compartido por los autores de los textos, pues son muy pocos los que incluyen la definición de especie en la parte de genética, tanto en 4º E.S.O. como en 1º Bachillerato estando ausente en los de 2º Bachillerato. Esta ausencia podría ser paliada por el profesorado que habitualmente repasa dicho concepto en la parte de genética, si bien hay un escaso porcentaje que no lo hace (Capítulo 5).

La evolución ha de explicar, mediante el proceso de especiación, cómo surgen nuevas especies a partir de otras existentes. En ese sentido en esta parte de la Biología se debería repasar el concepto de especie que es lo que habitualmente se hace, aunque no en todos ellos, tanto en 4º E.S.O. como en 1º Bachillerato.

Los alumnos que ya desde 4º E.S.O. eligen optativas relacionadas con las humanidades son los que posteriormente cursan estudios universitarios como Historia o Magisterio. Estos alumnos, con bastante frecuencia, no eligen la asignatura optativa “Biología y Geología” de 4º E.S.O., por lo que el último curso en que seguramente han estudiado lo que son las especies es 1º E.S.O. No es de extrañar, por tanto, que cuando se les pregunta por el concepto de especie muestren confusiones con otros términos o presenten una visión tipológica de la especie (ver capítulo 2) que también está presente, con más frecuencia de la deseada, en los libros de 1º E.S.O. como más adelante se discute.

4.3.5. Definiciones de población (ítems 13, 35 y 45)

Respecto a qué definición de población es la más adecuada, no pretendemos dar una ideal pues a lo largo de la historia de la biología, y aún en la actualidad, es un tema ampliamente debatido y hay numerosa bibliografía que así lo pone de manifiesto (Pigliucci, 2003; Schaefer, 2006; Berryman, 2002). Sin embargo, queremos analizar qué aspectos son los que usualmente están presentes en las definiciones de los libros de textos que utilizan nuestros alumnos y profesores, y cuáles son sus ventajas y/o inconvenientes.

De la definición de población, por ejemplo: *Se denomina población al conjunto de individuos de una misma especie que viven próximos en un lugar determinado y tienen posibilidades reales de reproducirse entre ellos* (Biosfera, Biología y Geología. 4º E.S.O., 1998, SM), se ha investigado sobre la presencia del aspecto espacial, del aspecto temporal y la mención de que se trate de individuos de la misma especie. Esto último es obligado que aparezca, como así ocurre en las definiciones de todos los niveles educativos analizadas, pues es frecuente que los alumnos confundan los términos individuo, población, comunidad y especie (Develay y Ginsburger-Vogel, 1986). Pero se corre el riesgo de confusión entre especie y población si no se incluye el aspecto espacial y temporal, pudiendo aportar este último la posibilidad de dar una visión dinámica de la especie a lo largo del tiempo que permitiría enlazar los dos conceptos con la evolución. Sin embargo, encontramos algunos libros en los que no aparece ninguno de estos aspectos, siendo más frecuente la presencia del aspecto espacial que la del temporal en los otros.

4.3.6. Definiciones de especie (ítems 14, 33 y 43) y su dificultad (ítems 15, 34 y 44)

Al igual que con la población, con la definición de especie no pretendemos dar con cuál es la ideal (Mayr, 2006; Pigliucci, 2003; Schaefer, 2006), sino analizar las características, ventajas, e inconvenientes de las definiciones de los libros de textos que utilizan nuestros alumnos y profesores.

Para la definición de especie, por ejemplo: *Una especie está formada por el conjunto de individuos muy parecidos que pueden reproducirse dando lugar a individuos fértiles* (Biosfera, Biología y Geología. 4º E.S.O., 1998, SM), se ha analizado la presencia de semejanzas morfológicas, de interfecundidad y de descendencia fértil en las definiciones. Mencionar en la definición de especie que se trata de organismos con

semejanzas morfológicas creemos que no es lo más adecuado, porque de alguna manera puede contribuir a reforzar el concepto tipológico de especie tan arraigado entre los alumnos; sin embargo, no es rara la presencia de este aspecto en las definiciones de todos los niveles, llegando a ser en algunos casos muy frecuente. Así, en los libros de 1º E.S.O., el 77,8% de las definiciones lo incluyen. Si este aspecto se incluyera, el profesorado debería comentar las excepciones que hay a estas semejanzas morfológicas en ambos sentidos, es decir, organismos muy parecidos entre sí pero de diferente especie, o individuos de la misma especie que muestran diferencias morfológicas. En definitiva, este no podría ser el único criterio para determinar si dos organismos son de la misma especie.

La necesidad de interfecundidad entre dos individuos de la misma especie es algo que hay que incluir en la definición de especie, pues también aparece especificada en el *C.B.E.*; sin embargo, habría que aclarar que puede ser real o potencial, pues hay casos en la naturaleza en los que, aunque no hay entrecruzamientos, sí que puede haber flujo genético entre ellos. La presencia de descendencia fértil en la definición podría servir para indicar que no sólo el hecho físico del entrecruzamiento es exclusivo para determinar que dos organismos sean de la misma especie. Hay que decir que ambos aspectos aparecen especificados en todas las definiciones de 4º E.S.O. y 1º Bachillerato, pero falta en algunas definiciones de los de 1º E.S.O.

Si la definición de especie no es fácil, como ya anteriormente se ha comentado, sería lógico pensar que en todos los libros de texto se mencionase dicha dificultad (ítems 15, 34 y 44), pero es raro que así se haga en todos los niveles y bloques analizados.

4.3.7. Población y especie en la estructura y dinámica de poblaciones (ítems 12, y 16 a 32)

En estos apartados se indagan diversos aspectos de la estructura y dinámica de poblaciones, y se incluyen también otros aspectos que pueden ayudar a comprender la dinámica de poblaciones y las diferencias entre población y especie; nos referimos a la propuesta de trabajos de campo y a la presencia de métodos y técnicas de muestreo en teoría y práctica.

La presencia de la definición del concepto de individuo se estudia con el ítem 12. Su definición en los temas dedicados a la ecología puede ser conveniente para

repasar, separar y distinguir los distintos niveles de organización con sus características propias, resaltando que la comprensión de los procesos ecológicos que tienen lugar en un nivel de organización superior (la población) es más difícil cuando no se entienden los que ocurren en el inferior (el organismo o individuo). No obstante, en ningún libro de todos los niveles analizados se define.

La densidad de la población (ítem 16) se relaciona con la dinámica poblacional al afectar a la disponibilidad de recursos (ítem 17a) y a las relaciones inter (ítem 17c) e intraespecíficas (ítem 17d), las cuales a su vez influyen y son influidas por la natalidad, mortalidad y migraciones (ítem 18). La estructura de las poblaciones según sexo (ítem 21) y edad (ítem 22), así como el número de hembras nacidas por hembra al año, puede llegar a ser un factor determinante en el futuro de poblaciones, sobre todo de pequeño tamaño. En definitiva, todo aquello que determine el sentido en el que varía una población influirá en otras poblaciones y, por tanto, en lo que sucederá con el ecosistema en cuestión, además de determinar el itinerario evolutivo de ellas con el transcurso del tiempo. Creemos, pues, que es necesario hablar de todos estos aspectos al igual que de lo que significa capacidad máxima de reproducción (ítem 20), ya que comprender cuáles son las situaciones en las que se logra el máximo número de descendientes y qué factores pueden influir negativamente puede ayudar a entender muchas situaciones reales de diversas especies que han disminuido drásticamente su abundancia, e incluso están abocadas a la desaparición, como consecuencia de la intervención humana.

Las pirámides de población tanto en teoría como en actividades (ítems 23 y 24 respectivamente) y las curvas de crecimiento tanto en teoría como en actividades (ítems 32b y 32a respectivamente) deben trabajarse en los textos, porque permiten la conexión de la biología con otras disciplinas como las matemáticas o la geografía. El trabajo interdisciplinar permite ofrecer al alumnado una perspectiva más integradora del conocimiento, lo que es de gran interés pues los prepara para enfrentarse a problemas actuales que requieren de la cooperación de numerosos especialistas en diversas materias y de respuestas integradoras y colectivas (Pérez de los Reyes et al. 2003).

El uso de ejemplos para explicar el concepto de población (ítems 31 y 41) o el de especie (ítems 30 y 39) y la propuesta de actividades para aplicar ambos conceptos (ítems 28, 42 y 29, 40 respectivamente) son recursos sencillos, ampliamente utilizados y que pueden permitir al alumnado conectar el conocimiento que adquieren con aquello

que conocen en su vida cotidiana, motivo por el cual pensamos que es interesante su inclusión en los libros de texto. Como ejemplo del concepto de especie aparece en el libro Biosfera (Biología y Geología. 4º E.S.O., 1998, SM) el siguiente: *Los caballos y los burros pertenecen a dos especies diferentes. Aún así, pueden cruzarse, dando lugar a las mulas, que son híbridos y estériles.* En el mismo hemos encontrado la siguiente actividad relacionada con población: *¿Los gatos que viven en tu barrio o pueblo forman una población? ¿Y los gatos de Bilbao y Sevilla? ¿Por qué?* Y relacionado con especie se hace la siguiente pregunta: *¿Cómo podrías saber si dos saltamontes muy parecidos son de la misma especie?*

Comentar, aunque sea de forma sucinta, algún método o técnica de muestreo tanto en teoría como en actividades (ítems 25 y 26 respectivamente) nos parece interesante porque permite conectar la explicación con su aplicación en la vida real, siendo esta una manera de contribuir a la motivación del alumnado que, en muchos casos, se pregunta por la utilidad práctica de aquello que tienen que estudiar. Relacionados con los muestreos, los trabajos de campo (ítem 27) han demostrado dar buenos resultados en el aprendizaje y ser buenos elementos motivadores (Magntorn y Helldén, 2007), por lo que también es conveniente su propuesta.

Estos ítems de estructura y dinámica de poblaciones que se ven básicamente en la parte de ecología son tratados con diferente intensidad en aquellos cursos donde se imparte la ecología. Así, en 2º E.S.O. la definición de densidad de población no está en ninguno de los libros, y creemos oportuno que esté, porque permite discutir sobre la influencia que tiene la densidad de población en las relaciones tróficas que se dan en una comunidad. También son decisivos los factores bióticos y abióticos y las relaciones inter e intraespecíficas en las relaciones tróficas, aunque los resultados distan significativamente de lo deseado sólo para las relaciones intraespecíficas (factores bióticos y abióticos: $p=1,00$; relaciones interespecíficas: $p=0,1818$; relaciones intraespecíficas: $p=0,0152$; test exacto de Fisher). Volvemos a cuestionarnos cómo es posible definir ecosistema y ecosfera sin tener en cuenta todos estos conceptos. De todos ellos, a los que más atención se presta es a los factores bióticos y abióticos (16,7% de los libros no lo trabajan), seguido de las relaciones interespecíficas (50% de los libros no lo trabajan) y por último las relaciones intraespecíficas (83% de los libros no lo trabajan). Después de todo, ¿qué son las relaciones tróficas sino un tipo de relación inter e intraespecífica?

Los ítems 18 al 24 y el 32 no aparecen en ningún libro, pero no creemos necesario su presencia para cubrir los mínimos propuestos por los R. D. Los ejemplos y actividades de especie no se incluyen, igual que ocurre con las actividades para la población, mientras que sólo el 33% de los libros pone ejemplos de población, por lo que los resultados distan marginalmente de lo esperado ($p=0,0606$; test exacto de Fisher). Respecto a la propuesta de trabajos de campo y técnicas de muestreo, los resultados distan significativamente de lo recomendado, pues ninguno incluye dichas técnicas y tan sólo uno propone trabajos de campo ($p=0,0152$; test exacto de Fisher). Estos aspectos tampoco reciben especial interés por el profesorado (Capítulo 6).

En 4º E.S.O. los factores bióticos y abióticos se incluyen en todos los libros; sin embargo, la densidad de población, que se ve influida e influye en los anteriores, sólo aparece en el 61,5% de ellos, distando significativamente de lo esperado ($p=0,0016$; test exacto de Fisher). A pesar de que los factores bióticos están en todos ellos, las relaciones interespecíficas e intraespecíficas faltan en algún libro. Los cambios producidos en las poblaciones como consecuencia de natalidad, mortalidad y migraciones no aparecen en el 30,8% de los casos estudiados, no mencionándose en ningún caso la tasa de fecundidad. La curva de crecimiento, tanto en teoría como en actividades, sigue un comportamiento similar a la dinámica de poblaciones, pues solo entre el 25,0 y el 33,3% de los libros lo trabajan. La capacidad máxima de reproducción, influida por factores antes mencionados, se ve en un porcentaje inferior a ellos, distando también significativamente de lo esperado ($p=0,0052$; test exacto de Fisher). La estructura de poblaciones según sexo y edad, al igual que la presencia de las pirámides de población tanto en teoría como en actividades, reciben escasa atención por los libros, pero en estos casos no existen grandes posibilidades de compensar la falta, pues en la práctica del profesorado de secundaria no es muy frecuente explicar estos aspectos (Capítulo 6).

Los resultados obtenidos para los trabajos de campo y métodos y técnicas de muestreo, tanto en teoría como en actividades son igual de desoladores, pues alrededor del 77% no los propone, e igual que para los casos anteriores, tampoco es de esperar que el profesorado compense esta falta, pues el porcentaje que los propone es similar al de los libros de texto que lo hacen (Capítulo 6).

A pesar de que las especies forman parte de la biocenosis en un ecosistema, y de que las poblaciones forman parte de las comunidades ecológicas, no se les presta la

atención deseada a ambos conceptos, tanto en ejemplos propuestos como en actividades para trabajarlos, por lo que estos resultados distan significativamente de lo esperado (actividades para población: $p=0,0052$; actividades para especie: $p=0,0001$; ejemplos para población: $p=0,0016$; ejemplos para especie: $p=0,0001$; g.l.=1 en todos; test exacto de Fisher).

En 2º Bachillerato, para la asignatura de C.T.M.A., encontramos que la densidad de población no se define en uno de los libros, mientras que los factores bióticos y abióticos se tratan en todos ellos. Los cambios en la población por natalidad, mortalidad y migraciones y la curva de crecimiento en teoría usualmente se incluyen, por lo que los resultados no distan significativamente de lo esperado (natalidad y mortalidad: $p=1,00$; migraciones: $p<0,4667$; curva de crecimiento en teoría: $p=1,00$; test exacto de Fisher).

La tasa de fecundidad no aparece en ninguno de los libros, y la capacidad máxima de reproducción es poco frecuente. El tratamiento de la estructura de poblaciones según sexo y edad también distan marginal o significativamente de lo esperado ($p=0,0014$ y $p=0,0769$, respectivamente), al igual que las pirámides de población en teoría y actividades ($p=0,0769$ y $p=0,0014$, respectivamente; test exacto de Fisher).

Los métodos y técnicas de muestreo, tanto en teoría como en actividades, son muy escasos, igual que la propuesta de trabajos de campo y la recomendación de bibliografía especializada.

4.3.8. Población y especie en los procesos de evolución y especiación (ítems 33 a 42, y 48)

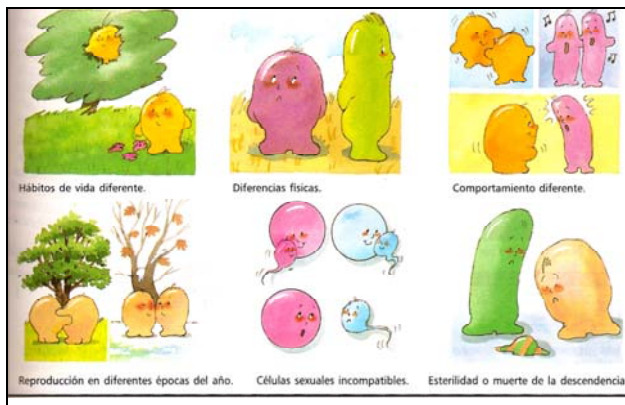
En los puntos 33 a 35 se intenta conocer si se recuerdan los conceptos de población y especie, y cómo se tratan en los temas de Evolución. Estos ya se han comentado anteriormente, por lo que no nos detendremos en ellos

Con el ítems 36 se investiga si se considera en el texto la formación de nuevas especies como un proceso evolutivo. Por ejemplo, en el libro Biosfera 4º E.S.O. (1998) aparece reflejado de la siguiente forma: *La teoría de la selección natural está considerada en la actualidad la explicación más convincente de las causas de la evolución de los seres vivos. ¿Cómo explica la teoría de la selección natural la aparición de nuevas especies?...*

Cualquier teoría evolutiva debe explicar cómo surgen nuevas especies, por lo que creemos que en el tema dedicado a evolución debe de quedar reflejado de alguna manera esta relación, lo que en efecto sucede frecuentemente en los textos de 4º E.S.O. (76,9%) y 1º Bachillerato (81,2%) aunque hay algunos en los que no es así.

En el ítem 37 se analiza si aparecen en el texto algunos tipos de especiación como la alopátrica o la simpátrica. La presencia de los distintos tipos de especiación permitiría conocer algo más sobre cómo se produce la evolución y desterrar de los alumnos la idea de que la evolución se puede producir sólo de una determinada forma, pero lo más frecuente es justamente lo opuesto en 4º E.S.O. (69,2% no lo incluyen) mientras que en 1º Bachillerato el 50% sí lo tratan. Pensamos que quizá los autores de los libros crean que al incluirlos se profundiza demasiado en la evolución para estos niveles educativos. Relacionado con los tipos de especiación están los mecanismos de aislamiento reproductivo (ítem 38, Fig. 4.1), cuyo conocimiento puede ser interesante, pues los alumnos universitarios entrevistados (Capítulo 9) sólo parecen recordar con mayor frecuencia el aislamiento geográfico, mientras que otros tipos apenas son mencionados.

Figura 4.1. Ilustración extraída de uno de los libros revisados, que muestra diferentes posibilidades de aislamiento reproductivo (Biosfera, Biología y Geología, 1984, SM).



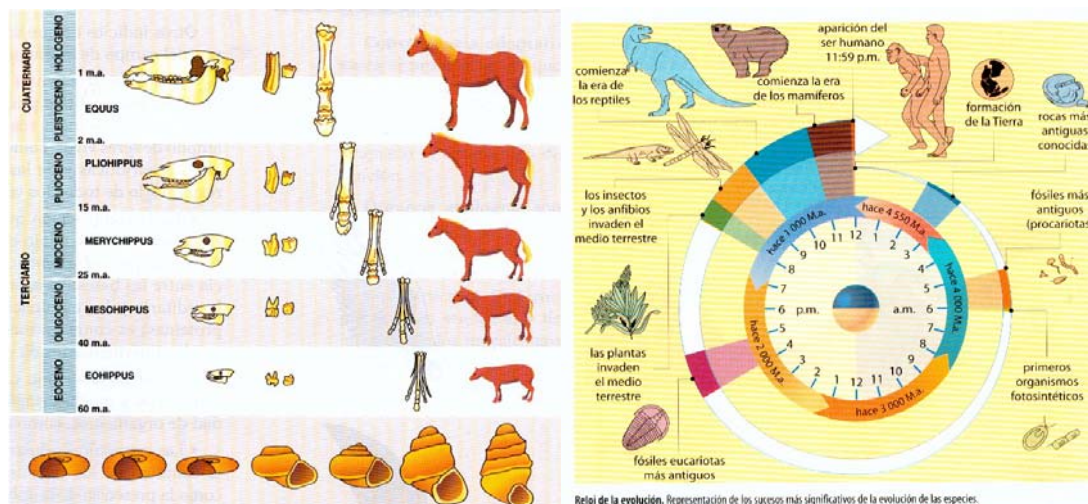
El que existan otros tipos de aislamientos que no sean sólo espaciales podría ayudar a una mejor comprensión de los procesos evolutivos, a la vez que permitiría al alumnado solucionar problemas aplicados (del tipo de los presentados en la encuesta, ver Capítulo 3) relacionados con los mismos. Los aislamientos reproductivos aparecen con más frecuencia que los tipos de especiación (69,2% en 4º ESO y 81,2% en 1º Bachillerato), aunque en algunos casos no se tratan, por lo que los resultados no distan

significativamente de lo esperado ($p=0,0957$ y $p=0,2258$ respectivamente; test exacto de Fisher).

Las actividades y ejemplos de especie en el bloque de evolución en 4º E.S.O. son frecuentes, pero no están presentes en todos los textos, mientras que en 1º Bachillerato lo frecuente es justo lo contrario. Respecto a las actividades y ejemplos del concepto de población, en 4º E.S.O. y 1º Bachillerato es raro que se incluyan. Dado el interés que tienen ambos conceptos en este bloque creemos que debería de cuidarse su tratamiento, sobre todo en el caso de población.

El tratamiento del tiempo en evolución se indaga con el ítem 48, analizándose si es de tipo cuantitativo y/o cualitativo, es decir, si se indican datos en millones de años en la historia evolutiva de los seres vivos (Fig. 4.2, derecha), en las pruebas evolutivas (Fig. 4.2, izquierda) o en la descripción de los procesos evolutivos, o si se hace únicamente indicación cualitativa, especificando que “hace falta mucho tiempo” o “que son necesarias muchas generaciones”.

Fig. 4.2. Ilustraciones extraídas de los libros revisados que muestran el tratamiento del tiempo en la evolución. La ilustración izquierda describe una prueba de la evolución situándola en un marco temporal explícito (aunque equívoco, las duraciones de los períodos son muy diferentes); en la derecha se presenta la historia evolutiva de los seres vivos mediante datos explícitos en una escala homogénea. (1º Bachillerato, Biología y Geología, 1998, Ecir, y 4º E.S.O., Biología y Geología, 1998, Oxford)



Este ítem es de gran interés, pues los alumnos con frecuencia enjuician los fenómenos naturales a escala humana, y consideran que es el individuo y no la población la unidad evolutiva. Sería necesario que tuviesen presente cuál es la escala en

la que funciona la evolución y que la población es la unidad de evolución. Esta dificultad, que ya apreció Darwin en el *Origin* (1859), se ha puesto de manifiesto posteriormente por otros autores como Brumby (1979) y Grau Sánchez (1993). Afortunadamente, es raro que los libros no hagan mención de ningún tipo sobre el tiempo en evolución, pues en 4º E.S.O. todos lo hacen de alguna de las dos formas, y en 1º Bachillerato sólo uno de ellos no incluye mención alguna, mientras que el resto incluyen indicaciones cualitativas y/o cuantitativas.

4.3.9. Población y especie en los temas de genética (ítems 43 a 47)

En los ítems 43 a 45 se intenta conocer si se recuerdan los conceptos de población y especie, y cómo se tratan en los temas de genética lo que se ha comentado anteriormente. Comprender la existencia de la variabilidad genética y cómo es posible su existencia es necesario para llegar al pensamiento poblacional, y de esta forma entender la evolución y especiación. Por ello, en el ítem 46 comprobamos si se relaciona la variabilidad genética debida a mutaciones o reproducción sexual con evolución y/o especiación, tanto en los temas de genética como en los de evolución, observando que esta relación se pone de manifiesto con más frecuencia en estos últimos que en los primeros, tanto en los libros de 4º E.S.O. como en los de 1º Bachillerato.

El uso de textos, tal y como señalan Özkan et al. (2004), ayuda a los alumnos a progresar en su propio conocimiento, a la vez que mejora la adquisición de conceptos científicos, por lo que creemos interesante que el libro de texto proporcione bibliografía especializada, así como direcciones de internet (ítem 47) que podrían favorecer la comprensión de estos temas, Sin embargo, tan sólo cinco libros de entre los 64 analizados incluyen este aspecto, siendo cuatro de ellos de la editorial SM.

4.4. Conclusiones

Dado que el uso de los libros de texto está ampliamente extendido, una de las formas de mejorar la enseñanza de los conceptos de población y especie es a través de ellos. Sin embargo, la visión que se muestra desde los libros es en algunos casos desoladora, hasta el punto de no seguir las directrices de los Reales Decretos. Lógicamente, no se trata de repetir todo en todos los temas, sino de ofrecer una visión más integradora de la biología precisamente a través de estos dos conceptos. Una posibilidad interesante

podría ser incluir al inicio de los bloques relacionados con estos conceptos un mapa conceptual, en el que los unos y los otros estuviesen presentes.

En un capítulo siguiente (Capítulo 6) comprobaremos que entre el profesorado no es frecuente proponer trabajos de campo ni técnicas de muestreo sencillas, y tampoco la recomendación de bibliografía. De los primeros sabemos las dificultades que implica su realización, al creer que para ello es necesario sacar al alumnado fuera del centro, con los problemas que esto supone. Otra dificultad es la elaboración de una buena propuesta adecuada a las necesidades del centro; sin embargo, pensamos que esta dificultad se mitigaría bastante si desde los libros de texto se dan ideas que puedan ser adaptadas posteriormente a cada centro y sus zonas próximas.

La recomendación de bibliografía, también deficitaria en los libros de texto, debe de mejorarse, no sólo con propuestas de manuales especializados, que pueden ser de difícil manejo para los alumnos de ciertas edades, sino a través de revistas de divulgación científica o páginas de internet, e incluso la recomendación de ciertos libros para que sean analizados desde diversas asignaturas puede resultar interesante a la vez que enriquecedor.

Anexo 4.1. Libros de texto usados en la revisión efectuada en este capítulo.

Editorial y Curso	Título	Año
Ciencias de la Naturaleza, 1º E.S.O.		
Anaya En tus manos. Andalucía	Ciencias de la Naturaleza	2002
Everest	Ciencias de la Naturaleza	2002
Guadiel	Ciencias de la Naturaleza	2002
McGrawHill	Ciencias de la Naturaleza	2002
Oxford educación	Ciencias de la Naturaleza	2000
Oxford educación. Proyecto Exedra	Ciencias de la Naturaleza	2002
Santillana. Grazalema	Ciencias de la Naturaleza	2002
Santillana. Nova 2000	Guía y recursos	1999
Santillana. Serie Supernova	Ciencias de la Naturaleza	2003
SM	Ciencias de la Naturaleza. Explora	2002
SM	Proyecto ECOSFERA	2002
Ciencias de la Naturaleza, 2º E.S.O.		
Ecir	Andalucía	2003
McGrawHill Andalucía	Ciencias de la Naturaleza	2004
SM	Proyecto Ecosfera	2002
SM	Ozono	1997
SM	Proyecto Ecosfera	2002
SM	Explora	2002
Vicens Vives	Entorno 2	1997
Biología y Geología de 4º E.S.O.		
Anaya Andalucía	Biología y Geología	1998
Anaya En tus manos. Andalucía	Biología y Geología	2003
Casals	Biología y Geología	1998
Edelvives	Biología y Geología	1999
Everest	Biología y Geología	2000
McGrawHill	Biología y Geología	1997
Oxford educación	Biología y Geología	1998
Oxford educación	Biología y Geología	2001
Santillana	Biología y Geología	1995
SM	Biosfera. Biología y Geología	1998
SM	Darwin. Biología y Geología	1998
SM	Biología y Geología. Proyecto Ecosfera	2003
Vicens Vives	Entorno 4. Biología y Geología	1999
Biología y Geología de 1º Bachillerato:		
Akal	Biología y Geología	1997, 2001
Anaya	Biología y Geología	1996
Anaya Andalucía	Biología y Geología	2002
Bruño	Biología y Geología	1997
Ecir	Biología y Geología	1998
Edelvives	Biología y Geología	1997
Editex	Biología y Geología	1997
Everest	Biología y Geología	1998, 2001
Everest	Biología y Geología	2002
Guadiel	Biología y Geología	1998
Guadiel	Biología y Geología	2002

McGrawHill	Biología y Geología	1996
Oxford educación	Biología y Geología	2001
Oxford educación. Nueva Exedra	Biología y Geología	2006
Santillana	Biología y Geología	1996
Santillana	Biología y Geología	2002
SM	Evolución. Biología y Geología	2001
SM	Proyecto Ecosfera. Biología y Geología	2005
Vicens Vives	Biología y Geología	2005
Biología, 2º Bachillerato:		
Anaya	Biología	2001
Ecir	Biología	1998
Editex	Biología	1998
McGraw-Hill	Biología	2001
Oxford educación. Proyecto exedra	Biología	2003
SM	Biología	2001
Ciencias de la Tierra, 2º Bachillerato		
McGrawHillXXI	Ciencias de la Tierra	2001
Santillana	Ciencias de la Tierra	1997
Anaya Andalucía	Ciencias de la Tierra	2003
Editex	Ciencias de la Tierra	2003
Everest	Ciencias de la Tierra	1999
Guadiel	Ciencias de la Tierra	2000
Guadiel	Ciencias de la Tierra	2003
Oxford educación.	Ciencias de la Tierra	2006
Nueva Exedra	Ciencias de la Tierra	2006

Capítulo 5. La revisión de los manuales de ecología y genética

El contenido de este capítulo ha sido publicado como Jiménez-Tejada, M. P.; Hódar, J. A.; González-García, F. y Naranjo, J. A. (en prensa) Population and species concepts in conservation biology and their treatment in textbooks of ecology and genetics. *Biological Sciences Ethics and Education: The Challenges of Sustainable Development. Proceedings of the BioEd 2008 Conference*. Burgundy: Autun, Auxerre, Dijon, Francia. Junio 2008 (se espera la publicación de las actas durante 2009).

Capítulo 5. La revisión de los manuales de ecología y genética

5.1. Introducción

Los recursos utilizados por el alumnado universitario para el aprendizaje son variados. Desde los apuntes tomados por ellos mismos hasta los elaborados por el profesorado, los resúmenes, las diapositivas, las prácticas de laboratorio o las de campo. Pero estos materiales necesitan ser contrastados y ampliados por bibliografía especializada. Estos manuales son también consultados por el profesorado universitario, por el de secundaria y bachillerato, y por los autores de los libros de texto, por lo que de alguna forma están en la base de la formación tanto del profesorado como del alumnado. Así que consideramos necesaria la revisión de dichos textos.

5.2. Metodología

Se ha revisado un total de 19 libros de texto para Ecología y 13 para Genética (ver Anexos 5.1 y 5.2 para información detallada de cada uno de los libros revisados). La revisión se ha basado en los fondos disponibles en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

En el análisis de los manuales especializados de Ecología se ha evaluado si hay o no capítulos específicos para el tratamiento de la población y para la evolución o ecología evolutiva, cuántos se han dedicado a ello, qué posición ocupan y qué porcentaje de páginas le corresponden del total de páginas del mismo. Entiéndase por total de páginas las que corresponden a todos los capítulos con su correspondiente bibliografía y los ejercicios que se proponen. Este análisis de tipo cuantitativo en el que se analiza la relevancia de un tema por la cantidad de texto escrito destinado a él en relación a la totalidad de páginas del libro ya ha sido utilizado por diversos autores (Carrick, 1982; Rosenthal, 1985; Grosbois et al., 1991).

En los textos de Genética general se ha analizado si aparecen o no capítulos de genética de poblaciones y evolución, cuántos hay, en qué lugar se sitúan y el porcentaje de páginas que le corresponden. Se ha incluido la genética cuantitativa, que en algunos libros se sitúa conjuntamente en el bloque de genética de poblaciones, bien integrado en algún capítulo o como otro aparte, y en otros está desvinculada del mismo. En todos los casos no se ha anotado como primer capítulo dedicado a genética de poblaciones el de genética cuantitativa.

En ambos tipos de manuales se han ido anotando las definiciones de población y especie y si éstas aparecen en el glosario y/o en los capítulos.

Para el cálculo total de páginas se excluye el material periférico y suplementario como las referencias bibliográficas generales, el prefacio, el glosario y los apéndices que no tengan información relevante relacionada con los temas tratados en el manual (por ejemplo, la introducción al manejo de excel que viene en uno de ellos, o la introducción a la estadística). No obstante, en los libros de genética general, donde es frecuente la propuesta de preguntas y problemas, sí se han incluido las páginas dedicadas a los ejercicios resueltos, que pueden situarse bien al final de cada capítulo o bien al final del libro en un anexo con los de todos ellos.

A lo largo de este capítulo, el análisis estadístico de los datos supone comparar una distribución de frecuencias experimental frente a una teórica, la que nosotros consideramos correcta. De acuerdo con la naturaleza de los datos, el análisis más apropiado debería ser un tests de bondad de ajuste usando la χ^2 como estadístico. Sin embargo, nuestros datos incumplen sistemáticamente los requerimientos de este análisis, a saber: que los valores esperados de al menos el 80% de las celdas sean mayores de 5. Esta situación es imposible cuando la distribución teórica presenta una sola opción correcta (y por lo tanto las demás están vacías) frente a la distribución experimental, que puede presentar tantas opciones reconocibles como queramos distinguir en función de los datos. Aunque en la práctica suele permitirse que una de ellas muestre frecuencias esperadas ligeramente por debajo de este valor, nuestro incumplimiento sistemático de los requerimientos del análisis nos ha forzado a buscar una alternativa. En nuestro caso usaremos el test exacto de Fisher (Zar 1996).

La aplicación de este test no está exenta de dudas, ya que su uso habitual es el cálculo de probabilidades en tablas de contingencia y no en test de bondad de ajuste, sin embargo, al menos no requiere de celdillas no vacías (de hecho está especialmente indicado en situaciones de tamaño muestral bajo).

5.3. Resultados y Discusión

5.3.1. Los manuales de ecología

Al igual que en el capítulo anterior, nuestra pretensión no es dar una definición de especie ni de población ideal, pues ambos conceptos, de gran interés para la biología,

han sido definidos a lo largo de la historia de la biología y aún no hay consenso sobre cuáles son las más adecuadas, siendo numerosas las discusiones que se desatan al respecto y la bibliografía que las pone de manifiesto (Berryman, 2002; Pigliucci, 2003; Mayr, 2006; Schaefer, 2006). Nuestro objetivo es ofrecer unas pautas que contengan, más bien, un sentido didáctico y que promuevan la reflexión y discusión de los alumnos.

Si ambos conceptos son importantes y básicos en la biología (Berryman, 2002; Pigliucci, 2003; Mayr, 2006; Schaefer, 2006), es interesante que aparezcan definidos en el glosario, pues en ecología se trabaja con poblaciones y especies en la totalidad del libro, aunque haya algunos capítulos que estén más directamente relacionados con ambos. La existencia de las definiciones de ambos conceptos en el glosario puede suplir su ausencia en los capítulos correspondientes, además de permitir al alumnado recordar dichos términos en cualquier momento en que esté utilizando el libro sin necesidad de consultar el capítulo específico. A pesar de ser ésta la opción más adecuada no es la más extendida, y dista significativamente de lo esperado (población: $p=0,0031$; especie: $p=0,0001$; test exacto de Fisher). Llama la atención que en el glosario aparezca con más frecuencia la definición de población que la de especie. Esto podría tener su explicación en el hecho de que, tradicionalmente, quien se ha ocupado de la identificación y descripción de las especies han sido ramas de la biología relacionadas con la taxonomía como la botánica, la zoología, microbiología, etc., mientras que la ecología se ha dedicado a conocer la distribución y la abundancia de las especies.

La presencia de ambas definiciones en los capítulos especializados creemos que es de gran interés pues posibilita, además de la introducción al tema de estudio, la diferenciación entre ellos, y la reflexión y discusión sobre las dificultades que entrañan ambas definiciones cuando hay que aplicarlas a estudios de campo e investigaciones, así como las repercusiones que de ello se deriven. Así, en casos de conservación de biodiversidad nuestras decisiones, resultado de una decisión adecuada respecto a la especie y población a investigar pueden ser determinantes. Y es que, como indican varios autores (Cowen et al., 2000; Freckleton y Watkinson, 2003) para el concepto población, el lugar y el tiempo que se definan pueden ser de gran importancia para las actuaciones que llevemos a cabo. No obstante lo dicho, también vemos que la presencia de las definiciones en los capítulos especializados se separa significativamente de lo esperado (población: $p=0,2297$; especie: $p=0,0001$; test exacto de Fisher), en el caso de la especie pero no de la población, como ocurría en el glosario. Llama la atención que el

número de casos afirmativos para la población se torne en negativos para la especie, algo parecido al comportamiento observado en las definiciones presentes en el glosario. Lo que en ningún caso vemos adecuado es que no aparezcan las definiciones ni en glosario ni en capítulo, lo que sucede para el término población en el 16% de los casos y para el de especie en un 68%.

Para analizar el tratamiento que se le da al término población hemos tomado como definición patrón la siguiente de Smith y Smith (2000) que aparece en el glosario: *Grupo de individuos de la misma especie que viven en un área definida y en un tiempo concreto*. Conviene, no obstante, recordar que esto no significa que sea la mejor desde el punto de vista científico.

En todas las definiciones de población, tanto en tema como en glosario, aparece indicado que se trata de organismos de la misma especie, aspecto importante que es obligado que aparezca, pues es frecuente que los alumnos confundan los términos individuo, población, comunidad y especie (Develay y Ginsburger-Vogel, 1986). No ocurre igual con los aspectos espacio y tiempo, que muestran una distribución desigual en las definiciones. En un extremo se halla la definición sencilla de Stiling (1996): “*A group of individuals of a single species*”, en la que vemos que no se menciona ninguno de ellos, o la de Begon et al. (1988), en la que el límite lo establece la investigación y la especie estudiada: “*Es habitual utilizar el término de población para describir a un grupo de individuos de una especie que se está investigando. Sin embargo, lo que realmente constituye una población variará de una especie a otra y de un estudio a otro*”. En el otro extremo encontramos definiciones en las que, además de mencionar espacio y tiempo, incluyen la posibilidad de interactuar y entrecruzarse como la de Smith y Smith (2000, definición en el capítulo): “*Grupo de individuos de la misma especie que potencialmente pueden interactuar y entrecruzarse, y que viven en un mismo lugar al mismo tiempo*”, o esta otra de Futuyma (1986), en la que muestra a la población como dinámica a lo largo del tiempo: “*A group of conspecific organisms that occupy a more or less well defined geographic region and exhibit reproductive continuity from generation to generation; it is generally presumed that ecological and reproductive interactions are more frequent among these individuals than between them and members of other populations of the same species*”. Es llamativo que una definición como ésta, tan compleja si la comparamos con otras, aparezca en el glosario, pues usualmente las que aparecen en esta parte del libro suelen ser más sencillas que las que se muestran en el capítulo del mismo libro; tal es el caso de las dos incluidas aquí

de Smith y Smith (2000). La definición que aparece en Pianka (1982) también muestra una visión dinámica de la población: “*Conjunto de individuos implicados en un pool génico se denomina colectivamente “población mendeliana”. Un pool génico presenta continuidad en el espacio y en el tiempo y los organismos pertenecientes a una población dada bien tienen unos antepasados inmediatos comunes o bien son capaces de entrecruzarse entre ellos*”.

Entre ambos extremos, lo más habitual es que aparezca mencionado el aspecto “lugar o área determinada”. Este aspecto es de gran interés por varios motivos. Primero, da a pie a comentar los problemas que supone la aplicación de este aspecto de la definición en las investigaciones (si bien con la de Begon et al., 1988 también puede plantearse). Segundo, ayuda a diferenciar qué es la población de qué es la especie; no debemos olvidar que los estudios se suelen realizar con poblaciones. Además, en la biología de la conservación es vital su delimitación, ya que para proteger la mayoría de especies se necesitan poblaciones grandes (Primack y Ros, 2002). Por último, y no menos importante, porque el cambio evolutivo ocurre en las poblaciones (Mayr, 2006) lo que debe estar siempre presente en los alumnos. Aunque su mención no es habitual, su frecuencia no llega a separarse significativamente de lo esperado (en glosario: $p=0,0902$; en capítulo: $p=0,4815$; test exacto de Fisher). El aspecto “tiempo concreto” se menciona aún menos, a pesar de su interés, que radica fundamentalmente en que las poblaciones cambian a lo largo del tiempo, y ello puede conducir a la aparición de otras nuevas. En este caso los resultados sí se desvían significativamente de lo esperado (en glosario: $p=0,0010$; en capítulo: $p=0,0058$; test exacto de Fisher). La presencia de dichos términos en la definición permite concluir que el estudio de una población a lo largo del tiempo mostrará de ella una visión dinámica, muy útil en la enseñanza de la evolución.

Para analizar el tratamiento que se le da al término especie hemos tomado como definición patrón la del concepto biológico de especie propuesta por Mayr (1942): “*grupos de poblaciones naturales que se reproducen en forma cruzada y que se hallan reproductivamente (genéticamente) aisladas de otros grupos semejantes*”, por ser la más comúnmente aceptada. Por lógica, es la que deberíamos encontrar en los manuales de ecología o de genética, aunque al igual que para el concepto de población, somos conscientes de la problemática que suscita.

La interfecundidad aparece en todas las definiciones de especie que hemos encontrado en los libros revisados, como era de esperar, puesto que es una prueba

sencilla para considerar a dos poblaciones con reproducción sexual como de la misma especie o no. Pero no basta con ella, pues en la naturaleza se pueden dar situaciones en las que no haya interfecundidad y sin embargo exista flujo genético (especies en anillo). Por ello creemos que es interesante el que en la definición se mencione la existencia de aislamiento que impida ese intercambio genético. Si sólo se considera la reproducción como forma de distinguir a dos especies como diferentes o como una sola, pueden generarse errores. Imaginemos que por algún motivo entre los individuos seleccionados existe imposibilidad de reproducción con cualquiera de su misma especie ¿llegaríamos a la errónea conclusión de que son de diferente especie, cuando en realidad no lo son? De los pocos libros que incluyen la definición de especie, tan sólo uno no menciona ese aspecto, lo que no se separa significativamente de lo esperado ($p=1,00$; test exacto de Fisher).

De entre las definiciones de especie que hemos encontrado debemos de mencionar la que aparece en el glosario del libro de Ehrlich y Roughgarden (1987), en la que está aún patente el pensamiento tipológico: “*A distinct kind of organism. When populations of two kinds occur together without interbreeding, they are considered different species. When the population do not occur together, the judgement of whether they belong to different species or are just geographic varieties of the same species can be arbitrary*”, y en la que los autores no se arriesgan a indicar de qué forma determinar si dos poblaciones separadas son de la misma o diferente especie.

También es interesante señalar que Colinvaux (1993) en el mismo capítulo incluye dos definiciones. En una de ellas también hay una referencia tipológica, aunque no es lo determinante: “*Traditional definitions of species stress reproduction, or genetic mechanisms, stating with their own kind but not with individuals of other species*”. La otra definición es de especie ecológica, en la que se vuelve a apreciar la tipología, pero también incluye un aspecto interesante al hablar de poblaciones genéticamente relacionadas: “*A species is a number of genetically related populations the members of wich compete more with their own kind than with members of other species*”.

La distribución de los capítulos de población y especie es muy heterogénea en la muestra estudiada. Se podría pensar que si se trata de conceptos básicos en la biología lo lógico sería encontrar los temas relacionados con ellos en los primeros capítulos, pero sin embargo no es así. Estos resultados concuerdan con la opinión de Margalef (1986) de que en ecología todo está relacionado con todo y por ello se puede comenzar por cualquier sitio.

El porcentaje de páginas y capítulos dedicados a población es superior al dedicado a especie por el motivo anteriormente mencionado.

5.3.2. *Los manuales de genética*

Aunque la genética, al igual que la ecología, no se dedica a la descripción y clasificación de las especies, sí que son la base de sus estudios, al igual que lo son las poblaciones. Esta relación es aún más estrecha en el caso de la genética de poblaciones, por lo que, además de los motivos aducidos en el caso de los libros de ecología, éste es otro por el cual interesa que en los capítulos dedicados a ella aparezcan definidos ambos conceptos. Sin embargo, en contra de lo esperado, no ocurre así (población: $p=0,0957$; especie: $p=0,0391$; test exacto de Fisher). La posibilidad de poder consultar ambas definiciones en cualquier momento o suplir su falta en los capítulos hace necesaria la presencia de estas definiciones en el glosario, pero de nuevo en contra de lo esperado no siempre ocurre así (población: $p=0,0149$; especie: $p=0,0005$; test exacto de Fisher). Ambas definiciones aparecen más en capítulo que en glosario, y también se vuelve a repetir el hecho de que en algunos no aparecen en ninguna de las partes (15.3 % para el concepto de población y 23% para el de especie), siendo estos porcentajes similar al de los textos de ecología para el concepto de población pero menor para el de especie.

Las definiciones de población encontradas en los libros de genética difieren, por lo general, en contenido de los de ecología, si bien encontramos algunas similares a las presentadas en ellos, como la de Ringo (2007) en el capítulo: “*Grupo de organismos de una especie que viven en un área*”. Igual que vimos en los de ecología, también hemos encontrado referencias tipológicas en el de Gardner et al. (1998): “*Grupo completo de organismos de un tipo; grupo de plantas o animales que se entrecruza. Amplio grupo del que podría tomarse una muestra*”. Nótese que en esta definición se añade “grupo de animales o plantas”. Nos preguntamos si en los demás reinos no hay poblaciones. A continuación se menciona la posibilidad de tomar una muestra que podría estar en consonancia con la definición de Begon et al. (1988). También encontramos en los glosarios definiciones sencillas como la de Pierce (2005): “*Grupo de individuos de la misma especie*”. Una definición que se separa levemente de las encontradas en los libros de ecología es la de Klug et al. (2006) en el capítulo: “*Conjunto de individuos que comparten un conjunto de genes, que viven en la misma área geográfica y que real o potencialmente se cruzan entre sí*”. No podemos pasar por alto la de Sánchez-Monge y Jouvé (1982): “*Conjunto de individuos de la misma especie que conviven en un mismo*

nicho ecológico”, típico ejemplo de error conceptual en libro de texto, pues se hace un uso inadecuado del “nicho ecológico”.

En otras definiciones nos ha llamado negativamente la atención la presencia del término comunidad. Así, la de Puertas (1992): “*Comunidad de individuos que viven en una localidad geográfica determinada y que, real o potencialmente, son capaces de cruzarse entre sí, compartiendo un acervo génico común de genes*”. Creemos que no es adecuado su uso, porque puede reforzar las confusiones de los alumnos respecto a población y comunidad, puestas de manifiesto por algunas investigaciones (Adeniyi, 1985; Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993; Develay y Ginsburger-Vogel, 1986). Sin embargo, su uso aparece en el 44,4% de las definiciones que aparecen en los capítulos, lo que separa marginalmente los resultados de lo esperable ($p=0,0824$; test exacto de Fisher).

El aspecto tiempo no aparece mencionado en ningún caso, y el espacio sólo se encuentra en algunas definiciones en capítulo. Su interés en la definición ya ha sido comentado en los libros de ecología, y al igual que en aquellos también hay diferencias significativas respecto a lo esperado (en capítulo: $p=0,0090$; test exacto de Fisher), aunque aquí sean mayores. No obstante, en algunos casos, el que aparezca el aspecto reproducción puede suplir a los otros, pues se supone que si hay reproducción tiene que haber coincidencia en espacio y tiempo, aunque no en todos ocurre esta complementación. Un ejemplo de esto lo vemos en la definición de Lacadena (1981): “*En sentido genético mendeliano es un conjunto de individuos que se reproducen entre sí*”. La presencia de la reproducción también puede suplementar la falta de la mención “misma especie” pero no se da en todos los casos, así que es importante que aparezca, pues contribuye a plantearse la diferencia entre población y especie, pues los alumnos con frecuencia las confunden (Develay y Ginsburger-Vogel, 1986; Capítulo 2). No obstante, aunque es lo conveniente, no llega a separarse significativamente de lo que realmente ocurre ($p=0,4706$; test exacto de Fisher).

En algunas definiciones de población se especifica la presencia de reproducción sexual; así, Strickberger (1978) en el capítulo la define como: “*una comunidad de individuos que se reproducen sexualmente entre sí o que son capaces de hacerlo*”. Especificar el tipo de reproducción puede hacernos pensar que las poblaciones las forman únicamente los seres que posean esa forma de reproducción. Esta mención se da sólo en el capítulo en tres libros, por lo que no llega a separarse significativamente de lo que pensamos es más adecuado ($p=0,2059$; test exacto de Fisher).

Otro aspecto de interés que aparece en algunas definiciones de población, es el que los miembros de una misma población comparte un acervo génico común, como la de Puertas (1992). Nuestra opinión es que puede ser interesante su mención, pues compartir un acervo génico común implica una historia evolutiva conjunta a lo largo del tiempo, lo que no sucede en aquellas poblaciones que pertenecen a especies diferentes. Esta visión de las poblaciones, que es de gran interés para la comprensión de la evolución, no está presente en la totalidad de las definiciones.

Para analizar el tratamiento que se le da al término especie hemos tomado como definición patrón la del concepto biológico de especie propuesta por Mayr (1942), por los motivos ya explicados para los libros de ecología. En todas las definiciones se menciona la posibilidad de reproducción, aunque el que ésta sea sexual no aparece en todas de forma explícita, si bien hay expresiones que indican que se debe de tratar de dicho tipo, como la de Gardner et al. (1998) en el glosario: “*poblaciones naturales que se entrecruzan aisladas de otros grupos semejantes en cuanto a reproducción*”. Otro aspecto que aparece en todas es el aislamiento reproductivo.

La expresión “acervo génico común”, rara en las definiciones de los libros de ecología, pero más frecuente en los de genética, puede ser de interés para dar una idea al alumno de la historia de la especie, contribuyendo así a la comprensión de la evolución de la misma. A pesar de todo, no aparece en todos ellos, como ocurre en la definición que aparece en el capítulo en el libro de Griffiths et al. (1997): “*grupo de individuos que son biológicamente capaces de fecundarse recíprocamente, pero están genéticamente aislados de otros grupos*”, pero los resultados no se separan significativamente de lo esperado ($p=0,0769$; test exacto de Fisher).

La posición habitual de los “capítulos especiales” en los libros de genética se corresponde con el último cuarto del libro, lo que no es de extrañar si se necesitan conocimientos previos de genética para comprender lo que ocurre en las poblaciones. El porcentaje de páginas dedicadas a población y especie es bastante similar (11,8% a población y 13,0% a especie) lo que no ocurría en los libros de ecología (7,4% y 2,4% respectivamente). Nótese que hay diferencia en la importancia de la especie entre ambos manuales. Dicha diferencia se puede explicar por ser la especie una “herramienta de trabajo en la ecología” pero no su objetivo, mientras que la genética de poblaciones explica los procesos que ocurren en las poblaciones que pueden conducir a la aparición de nuevas especies.

5.4. Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento de los conceptos de población y especie en los manuales de Ecología y Genética dista en algunos casos de ser lo recomendable. Los libros deberían incluir en los capítulos específicos la definición de dichos conceptos, pues sería una forma de recordarlos, de introducir el tema de estudio, y de permitir incluso una reflexión sobre los mismos. Si esto no es así, al menos deberían aparecer en el glosario tratándolos de forma exhaustiva, lo que tampoco es frecuente, pues generalmente las definiciones más completas aparecen en los capítulos y las más simplistas en el glosario. Sabiendo la complejidad que entrañan las dos definiciones, deberían de aparecer en los textos de la manera más exhaustiva posible, permitiendo al alumno pensar sobre las dificultades que tiene su aplicación en la práctica. También es importante utilizar unos términos adecuados, para evitar al alumno cualquier confusión que pueda generar decisiones inadecuadas en la práctica.

Es posible que estos resultados se deban a que los autores de los libros piensan que sus lectores dominan ambos conceptos y conocen sus dificultades lo que no se corresponde con la realidad observada por nosotros, pues entre alumnos de diferentes cursos de la licenciatura de biología se han puesto de manifiesto la presencia de ciertos errores conceptuales como la confusión entre especie y población o entre población y comunidad (Capítulo 3). Sería necesario, por tanto, que nos replanteáramos la forma de afrontar la enseñanza de ambos conceptos, tanto desde los manuales especializados, que habría que mejorar en los aspectos señalados, como desde nuestro propio trabajo en las aulas, recordando ambos conceptos y fomentando la discusión.

Anexo 5.1. Libros de texto de ecología usados en la revisión efectuada en este capítulo.

Autores	Año	Título	Editorial
Begon, Harper y Townsed	1988	Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades	Omega
Chapman y Reiss	2000	Ecology. Principles and applications	Cambridge University Press
Colinvaux	1993	Ecology 2	Wiley
Dodson y otros	1998	Ecology	Oxford University Press
Ehrlich y Roughgarden	1987	The science of Ecology	McMillan
Futuyma	1986	Evolutionary Biology	Sinauer
Jaime Rodríguez	2000	Ecología	Pirámide
Krebs	1986	Ecología	Pirámide
Krebs	2001	Ecology	Benjamin Cummings
Krohne	1998	General Ecology	Wadsworth Publishing Comp.
Mackenzie, Ball y Virdee	2000	Instant Notes in Ecology	Bios Scientific Publishers
MacNaughton y Wolf	1984	Ecología general	Omega
Margaleff	1982	Ecología	Omega
Molles	2006	Ecología. Conceptos y aplicaciones	McGrawHill. Interamericana
Odum	1997	Ecology: a bridge between science and society	Sinauer Associates
Pianka	2000	Evolutionary Ecology	Addison Wesley
Pianka	1982	Ecología evolutiva	Omega
Piñol y Martínez Vilalta	2006	Ecología con números	Linx
Ricklefs	1998	Invitación a la ecología	Panamericana
Smith y Smith	2000	Ecología	Addison Wesley
Stiling	1996	Ecology. Theories and applications	Prentice Hall International

Anexo 5.2. Libros de texto de genética usados en la revisión efectuada en este capítulo.

Autores	Año	Título	Editorial
Ayala y Kiger	1984	Genética moderna	Omega
Gardner, Simmons y Snustad	1998	Principios de genética	Limusa Wiley
Goodenough	1981	Genética	Omega
Griffiths et al.	1997	Genética	McGraw Hill-Interamericana
Jenkins	1985	Genética	Reverté S.A.
Klug, Cummings y Spencer	2006	Conceptos de genética	Pearson-Prentice Hall
Lacadena	1981	Genética	Agesa
Pierce	2005	Genética: un enfoque conceptual	Panamericana
Puertas	1992	Genética. Fundamentos y perspectivas	McGrawHill Interamericana
Ringo	2007	Genética	Acribia S.A.
Russell	1998	Genetics	Addison Wesley Longman
Sánchez-Monge y Juvé	1982	Genética	Omega

Capítulo 6. Las tareas de enseñanza de los profesores de Ciencias Naturales

El contenido de este capítulo ha sido publicado como:

Jiménez-Tejada, M. P.; Hódar, J. A. y González-García, F. 2008. Tratamiento de los conceptos de población y especie en las aulas. *Actas de los XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales. 9 al 12 de septiembre de 2008*. Almería (España). (Actas publicadas, ISBN:978-84-691-5088-7)

Jiménez-Tejada, M. P.; Hódar, J. A. y González-García, F. 2008. ¿Cómo trabaja el profesorado los conceptos de población y especie con sus alumnos?. *Actas del III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología: La educación en Biología como respuesta a la demanda social. 9 al 11 de octubre de 2008, Mar del Plata, Argentina*. (Actas publicadas, ISBN: 978-987-21701-5-8)

Jiménez-Tejada, M. P.; González-García, F. y Hódar, J. A. (en prensa). El trabajo en las aulas con los conceptos de población y especie. *UCMaule Revista académica*.

Capítulo 6. Las tareas de enseñanza de los profesores de Ciencias Naturales

6.1. Introducción

La teoría de la evolución ha sido uno de los grandes hitos en la historia de las ciencias, siendo esencial para entender a la biología como ciencia. Theodosius Dobzhansky (1973) sintetizaba este hecho con su afirmación: “nada en la biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución”, y son muchos los autores que han retomado y defendido el sentido de esta cita (Tindon y Lewontin, 2004; Mayr, 2006). La importancia que tiene esta teoría impregna también a la enseñanza de la disciplina biológica, aconsejándose que se tome a la evolución como centro de organización de la enseñanza de la biología (National Academy of Sciences, 1998).

Sin embargo, pese a que dicha teoría es la base de la biología, su interpretación y aceptación a lo largo de la historia ha sufrido numerosos avatares. Según Mayr (2006), “La evolución constituye un fenómeno tan obvio para cualquier estudioso de la naturaleza que su rechazo casi universal hasta mediados del siglo XIX es algo enigmático”, y añade que un motivo del rechazo se debió a la persistencia de un marco conceptual introducido por la filosofía de Platón y los pitagóricos, a saber, el pensamiento tipológico en el estudio de las especies. Darwin rechaza este marco conceptual a favor del pensamiento poblacional. El pensamiento poblacional supone aceptar que la evolución no produce cambios en el individuo sino en las poblaciones, y que dentro de ellas existe la variabilidad imprescindible para que actúe la selección natural. Estas ideas se impusieron en la comunidad científica en los años treinta del siglo XX, permitiendo la aceptación de la evolución por selección natural.

El pensamiento tipológico está ampliamente extendido entre la población en general y entre los estudiantes universitarios, tanto de biología de diferentes niveles como de otras carreras y se constituye en un serio obstáculo, como ya lo fue en su momento, para comprender la evolución por selección natural (Jiménez Aleixandre, 1991). Por otro lado, entre los estudiantes hay dificultades para percibir con claridad el concepto de población (Adeniyi, 1985; Develay y Ginsburger-Vogel, 1986; Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993). Los conceptos de población y especie, básicos para la biología y necesarios para entender la teoría de la Evolución, no han sido objeto de

suficiente atención, pese a su innegable relevancia (Tamayo Hurtado, 2004; Mayr, 2006; Schaefer, 2006).

Una inadecuada comprensión e interpretación de esta teoría puede traer consigo no sólo la dificultad de aprendizaje de otras partes de la biología, sino otras implicaciones que pueden afectar negativamente a la sociedad. No debemos olvidar que el uso desvirtuado de la teoría darwinista ha servido para respaldar actos contrarios a las libertades humanas desde que se formuló la propuesta darwinista. Por estos motivos la enseñanza de la evolución ha recibido gran atención desde la didáctica de la biología, pero no ha ocurrido igual con dos conceptos básicos para la comprensión de la misma, el de especie y el de población. Estos dos conceptos, además, cobran en la actualidad aún más interés, pues una correcta comprensión y aplicación de los mismos es básica en la biología de la conservación.

En este capítulo de la presente memoria, nuestro objetivo es obtener información sobre cómo perciben los profesores los conceptos de población y especie como objeto de enseñanza, y cuáles son las estrategias docentes que usan con el fin de facilitar su aprendizaje por parte del alumnado.

6.2. Metodología

Para conocer el tratamiento de los conceptos de población y especie en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato, se elaboró un cuestionario para el profesorado en que se abordaban diversos aspectos de interés sobre dichos conceptos. El contenido de la encuesta aparece en el Cuadro 6.1. El cuestionario fue revisado para su validación por dos profesores universitarios, un experto en didáctica y un experto en la disciplina, y dos profesores de secundaria y con posterioridad fue circulada a los profesores de Biología y Geología con docencia en distintos niveles de E.S.O. y Bachillerato de varias provincias de Andalucía Oriental. La misma encuesta, adaptada a los niveles de Enseñanza en Chile, fue contestada por profesores de Enseñanza Media chilenos. Se recibieron 40 encuestas de profesores españoles y 27 de profesores chilenos.

Con el cuestionario se pretendía conocer:

- Con qué frecuencia se trabajan los conceptos de población y especie, en 1º y 4º de la ESO y 1º y 2º de bachillerato en España y, de 5º a 8º de Básica y de 1º a 4º de Media en Chile, cursos que incluyen contenidos parcialmente relacionados con ellos.

Cuadro 6.1. Encuesta enviada a los profesores de Ciencias Naturales de Enseñanzas Medias sobre los conceptos de población y especie.

Estimado/a compañero/a:

Me dirijo a ti para solicitar tu colaboración con este sencillo cuestionario, cuyo fin es conocer el tratamiento que se le da a los conceptos de población y especie desde la didáctica de la **Biología**. Esta encuesta forma parte de una investigación cuyo objetivo es la elaboración de una tesis doctoral.

Muchas gracias por tu ayuda.

La opción CASI SIEMPRE corresponde a situaciones en las que habitualmente se trabaja un concepto o se trata un tema pero excepcionalmente no se cumple por falta de tiempo, grupos malos, etc.

La opción CASI NUNCA corresponde a situaciones en las que lo habitual es no trabajar un concepto o no tratar un tema pero excepcionalmente se hace.

1. Rellena el siguiente cuadro según la frecuencia con la que hayas trabajado el concepto de población en cada uno de los niveles:

NIVEL	SIEMPRE	CASIS.	CASIN.	NUNCA
1º E.S.O.				
4º E.S.O.				
1º BACHILL.				
2º BACHILL.				

2. Rellena el siguiente cuadro según la frecuencia con la que hayas trabajado el concepto de especie en cada uno de los niveles:

NIVEL	SIEMPRE	CASIS.	CASIN.	NUNCA
1º E.S.O.				
4º E.S.O.				
1º BACHILL.				
2º BACHILL.				

3. Según tu opinión, el concepto de población tiene para los alumnos un nivel de complicación:

- a) Muy alto b) alto c) medio d) bajo e) muy bajo

4. Según tu opinión, el concepto de especie tiene para los alumnos un nivel de complicación:

- a) Muy alto b) alto c) medio d) bajo e) muy bajo

5. Repasa el concepto de población en los temas que tratan:

	SIEMPRE	CASIS.	CASIN.	NUNCA
GENÉTICA				
EVOLUCIÓN				
ECOLOGÍA				
TAXONOMÍA				

6. Repasa el concepto de especie en los temas que tratan:

	SIEMPRE	CASIS.	CASIN.	NUNCA
GENÉTICA				
EVOLUCIÓN				
ECOLOGÍA				
TAXONOMÍA				

7. En la siguiente tabla se muestran algunos conceptos relacionados con el de población. Señala con una cruz S, CS, CN o N si lo tratas siempre, casi siempre, casi nunca o nunca.

	SECUNDARIA				BACHILLERATO			
	S	CS	CN	N	S	CS	CN	N
Natalidad								
Mortalidad								
Migraciones								
Tasa de fecundidad								
Estructura de las poblaciones según sexo								
Estructura de las poblaciones según edad								
Pirámides de población								
Relación entre superpoblación y agotamiento de recursos								
Factores abióticos								
Factores bióticos								

8. ¿Al explicar el concepto de especie introduces el concepto de población?

- a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca

9. ¿Al explicar el concepto de población recuerdas el concepto de especie?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 10. ¿Propones actividades para trabajar el concepto de población?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 11. ¿Propones actividades para trabajar el concepto de especie?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 12. ¿Pones ejemplos de especie?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 13. ¿Qué ejemplos pones con más frecuencia?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 14. ¿Utilizas la especie humana como ejemplo de especie?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 15. ¿Pones ejemplos de población?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 16. ¿Utilizas como ejemplo la población humana?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 17. ¿Qué ejemplos pones con más frecuencia?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 18. ¿Explicas las diferencias entre población y especie?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 19. ¿Comentas las dificultades que hay para definir el concepto de especie?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 20. ¿Explicas técnicas de muestreo?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 21. ¿Propones trabajos de campo?
a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
-

- Si además de definir los conceptos en el tema sugerido por el libro se repasaban en otros capítulos.
- Si se relacionaban y diferenciaban ambos conceptos.
- Si se utilizan ejemplos de población y especie, con qué frecuencia y cuáles son los de uso más habitual.
- Si se comentan las dificultades de definir el concepto de especie.
- Si se explican técnicas de muestreo, se hacen trabajos de campo y se recomienda bibliografía, que podrían ayudar al aprendizaje de estos conceptos.
- Si se trabajan otros conceptos relacionados con la población como la natalidad, mortalidad, migraciones, etc.
- El nivel de dificultad de dichos conceptos que percibe el profesorado en sus alumnos.

Los datos de ambos grupos de profesores se han analizado mediante una distribución de frecuencias y se han comparado con una distribución teórica considerada como la más correcta. Para ello se han utilizado tests de bondad de ajuste. También se han comparado, en la medida de lo posible, las respuestas dadas por ambos grupos a las diferentes preguntas, usando para ello tablas de contingencia. Para el análisis estadístico de la pregunta siete se eliminaron algunos casos en los que había contradicción con las respuestas dadas en las preguntas uno y dos.

Al igual que en los dos capítulos anteriores, el análisis estadístico de los datos supone comparar una distribución de frecuencias experimental frente a una teórica, la que nosotros consideramos correcta. De acuerdo con la naturaleza de los datos, el análisis más apropiado debería ser, como hemos dicho, un tests de bondad de ajuste usando la χ^2 como estadístico. Sin embargo, nuestros datos incumplen sistemáticamente los requerimientos de este análisis, a saber: que los valores esperados de al menos el 80% de las celdas sean mayores de 5. Esta situación es imposible cuando la distribución teórica presenta una sola opción correcta (y por lo tanto las demás están vacías) frente a la distribución experimental, que puede presentar tantas opciones reconocibles como queramos distinguir en función de los datos. En los dos capítulos anteriores hemos usado el test exacto de Fisher (Zar 1996). En este, en cambio, hemos optado por realizar tablas de contingencia con la χ^2 como estadístico, ya que el test de Fisher es aplicable sobre todo en tablas de 2x2, mientras que la categorización que hemos establecido de las respuestas en este capítulo nos da tablas de 3x2 o 4x2, en las que sólo un *pooling procedure* (Zar, 1996) permitiría una aplicación correcta del test de Fisher. Tal solución nos parece inviable porque implicaría agrupar para su análisis categorías que hemos justificado separar cuando hicimos la categorización. En consecuencia, hemos optado por usar tests de bondad de ajuste como opción estándar al analizar nuestros resultados, incluso a sabiendas de que su aplicación resulta, desde un punto de vista estrictamente estadístico, poco ortodoxa.

Para el análisis estadístico de las respuestas dadas a los ejemplos que se ponen con más frecuencia se categorizaron en: especies próximas, especies animales, especies vegetales, ser humano y asno. Exceptuando la última categoría, que sólo se utilizó para los ejemplos de especie, el resto son comunes para ambos conceptos.

En especies próximas se incluyeron respuestas como perro, gato, encina, margarita, etc; también se consideró esta categoría cuando el profesor no mencionaba ninguna especie en concreto pero afirmaba poner ejemplos de especies próximas. Cuando se mencionaba caballo, asno, o mulo, incluíamos esta respuesta en las categorías especies próximas, especies animales y asno. Las categorías animal o vegetal incluían tanto las respuestas de especies de un reino u otro como aquellas en las que, sin mencionar especies concretas, decían que ponían ejemplos de especies animales o vegetales.

En la pregunta de recomendación de bibliografía se indicó en *afirmativo* en los casos en que respondían a veces o que recomendaban páginas web.

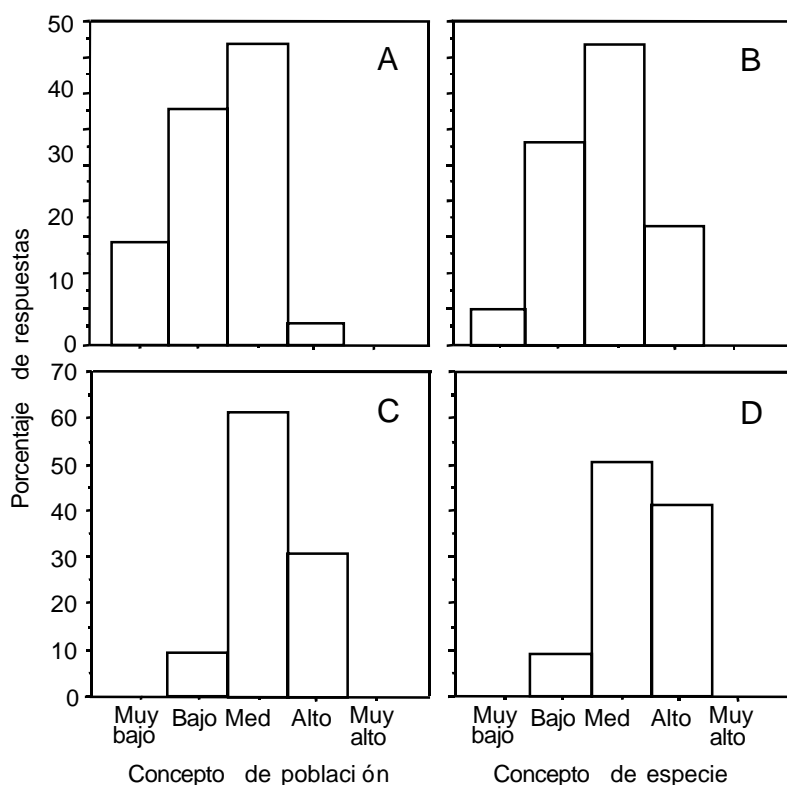
6.3. Resultados y discusión

Los conceptos de población y especie, además de ser básicos para comprender la biología, nos permiten tener una imagen integrada de la biología, pues están relacionados con numerosas ramas de esta disciplina, tal y como indican Mayr (2006) y Berryman (2002) para el concepto de especie, y Schaefer (2006) y Berryman (2002) para el de población. Por ello debería ser una práctica que realizara todo el profesorado, tanto español como chileno, recordando y trabajando ambos conceptos en los temas de taxonomía, ecología, genética y evolución. Sin embargo, hay un porcentaje pequeño de profesores que nunca o casi nunca lo trabajan en algunos o en todos esos temas. El repaso de ambos conceptos en los cuatro temas mencionados no difiere significativamente entre ambos países (población: $\chi^2 = 0,56$ a $2,01$, g.l.=2 a 3, $p=0,76$ a $0,37$; especie: $\chi^2 = 1,56$ a $4,95$, g.l.=2 a 3, $p=0,67$ a $0,08$) excepto para el caso de la taxonomía (población: $\chi^2 = 9,21$, g.l.=2, $p=0,01$; especie: $\chi^2 = 11,17$, g.l.=2, $p=0,0038$; test de contingencia) pues los profesores españoles parecen revisar con más frecuencia dichos términos en ella.

La frecuencia con la que se tratan dichos conceptos en los distintos niveles educativos es variable en ambos países. Así, el porcentaje en que nunca o casi nunca se trabaja el concepto de población oscila, entre el 0% (4° E.S.O.) y el 37% (1° E.S.O.) en el profesorado español, y entre el 14% (3° Medio) y el 50% (1° Medio) en el profesorado chileno.

Para el concepto de especie, el porcentaje en que nunca o casi nunca se trabaja oscila entre el 0% (4° E.S.O.) y el 20,6% (1° E.S.O.) en el profesorado español, y entre el 14,3% (3° y 4° Medio) y el 28,6% (2° Medio) en el profesorado chileno. Todos los resultados difieren significativamente de lo esperado (población en españoles: $\chi^2 = 77,38$ a $147,22$, g.l.=1 a 3; especie en españoles: $\chi^2 = 62,52$ a $118,41$, g.l.=1 a 3; población en chilenos: $\chi^2 = 78,72$ a $262,91$, g.l.=2 a 3; especie en chilenos: $\chi^2 = 89,39$ a $259,42$, g.l.=2 a 3; $p < 0,0001$ en todos; test de bondad de ajuste), pues lo conveniente es repasar ambos conceptos en los niveles educativos en cuyo currículo se incluyan temas relacionados para ofrecer al alumno una imagen integrada de la biología.

Figura 6.1. Valoración por parte de los profesores de Andalucía (España, A y B) y del Maule (Chile, C, D) de la dificultad para los alumnos del concepto de población (A y C) y especie (B y D).



Esta clara conciencia de la dificultad de estos conceptos que se tiene desde el mundo científico contrasta con la percepción que tiene el profesorado de los dos países sobre la dificultad de aprendizaje del concepto de población (en torno a un 2% dificultad alta los españoles y alrededor del 30% los chilenos) y del concepto de especie (en torno a un 18% dificultad alta los españoles y alrededor del 42% los chilenos; Fig. 6.1). Finley et al. (1982) indican que los conceptos de ecología, a pesar de ser de gran importancia para la biología, no son percibidos como especialmente difíciles por parte del profesorado implicado en dicha disciplina, lo que coincide con nuestros resultados. Pensamos que esta percepción puede influir negativamente en el tratamiento que se da a ambos conceptos desde las aulas, y quizá sea la causa de que desde la investigación en didáctica se le haya prestado escasa atención.

Los conceptos relacionados con la población que aparecen en la pregunta número siete se han considerado importantes, porque su tratamiento ofrece la posibilidad de mostrar una visión dinámica de las poblaciones a lo largo del tiempo, y conocer los factores que intervienen en los cambios que ocurren en ellas; esta visión además permitiría comprender mejor la evolución. Siendo así sería de esperar que todo

el profesorado les prestase atención, sin embargo en todos los casos de profesores españoles los resultados se separan significativamente de ello ($\chi = 36,43$ a $575,52$, g.l.=1 a 3, $p < 0,0001$ en todos; test de bondad de ajuste), siendo más notorio en la E.S.O. que en Bachillerato.

En Bachillerato los aspectos que parecen recibir menos atención son, por orden: tasa de fecundidad, estructura de las poblaciones según edad, y según sexo, que se corresponden a 34,5%, 22,9% y 15,4% respectivamente que nunca o casi nunca lo trabajan. Los más atendidos han sido factores bióticos, relación superpoblación y agotamiento de recursos y factores abióticos.

En E.S.O. también reciben poca atención los mismos aspectos pero en otro orden: estructura de las poblaciones según sexo, tasa de fecundidad y estructura de las poblaciones según edad a las que les corresponden respectivamente 81,5%, 68,3% y 52,5% que nunca o casi nunca lo trabajan. Los más atendidos han sido factores bióticos, factores abióticos y pirámides de población.

En ambos cursos nos ha llamado la atención el hecho de que la estructura de poblaciones según edad y sexo no sea tratada con mucha frecuencia pero no así las pirámides de población.

También los resultados obtenidos para la pregunta número siete de las encuestas a profesores chilenos se separan significativamente de lo recomendado ($\chi = 27,84$ a $321,88$, g.l.=1 a 3, $p < 0,0001$ en todos; test de bondad de ajuste), encontrando igualmente que es más notorio en el nivel inferior (Básico) que en el superior (Medio).

En Básico los aspectos menos trabajados son estructura de poblaciones según edad, tasa de fecundidad, y estructura de poblaciones según sexo a los que les corresponde respectivamente 42,3%, 31,8% y 29,2% que nunca o casi nunca trabajan los conceptos. Los conceptos a los que más interés se les dedica son natalidad y migraciones con un 7,7% que nunca o casi nunca los trabajan, seguido de mortalidad con un 11,5%.

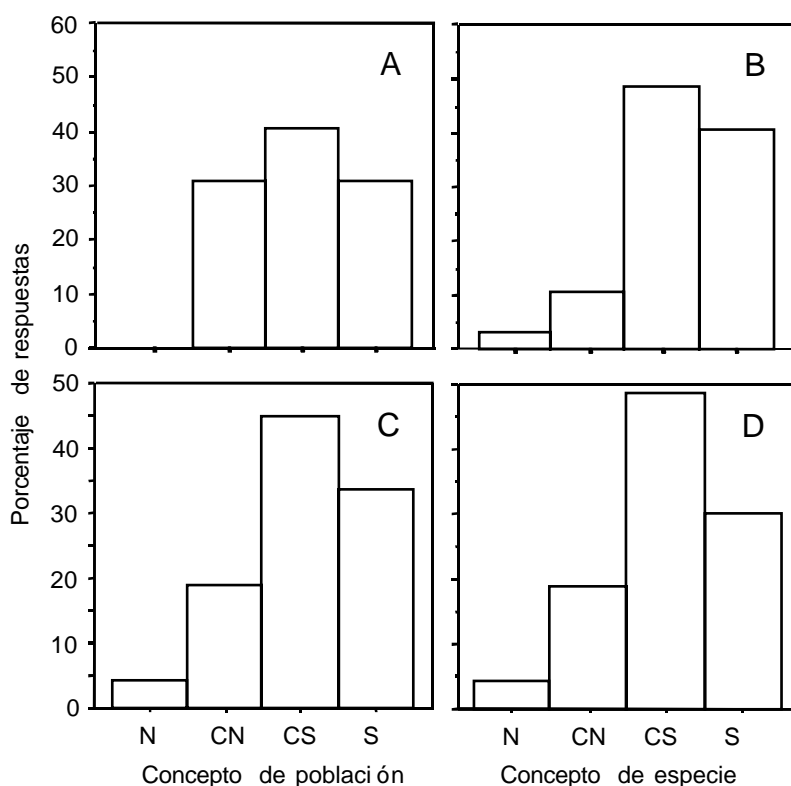
En Medio los que más atención reciben son natalidad, mortalidad y migraciones que siempre o casi siempre se trabajan. Los menos trabajados son relación entre superpoblación y agotamiento de recursos (25% que nunca o casi nunca los tratan) y estructura de poblaciones según sexo (14,3% que nunca o casi nunca los tratan).

El trabajo de los conceptos población y especie se complica aún más al estar ambos íntimamente relacionados, hasta tal punto de que para la definición de uno es necesaria la introducción del otro (Berryman, 2002). Esto hace que exista en algunos alumnos la confusión de ambos términos, tanto a la hora de definirlos como al plantearles algún caso práctico en que tengan que aplicar dichos conceptos (Capítulo 3). Sería, por tanto, recomendable que el profesorado recordara o introdujera cada concepto cuando está definiendo el otro, y que estableciera la relación existente entre ambos y sus diferencias. No obstante, los resultados nos muestran diferencias significativas respecto a lo recomendado en todo el profesorado ($\chi = 123,14$ a $256,09$, g.l.=1 a 3, $p < 0,0001$ en todos), tanto español como chileno. Entre ambos profesores no hay diferencias significativas ($\chi = 3,63$, g.l.=2, $p = 0,16$), salvo en el caso de la definición de población ($\chi = 7,02$, g.l.=2, $p = 0,03$; test de bondad de ajuste), pues son los españoles los que con más frecuencia introducen el concepto de especie al explicarla.

Uno de los recursos ampliamente extendido en didáctica es la propuesta de actividades sobre el tema que se está tratando. Para la explicación de ambos conceptos (Fig. 6.2) hemos visto que su uso es bastante frecuente entre todo el profesorado encuestado de ambos países, no existiendo diferencias significativas entre ellos (población: $\chi = 0,50$, g.l.=2, $p = 0,78$; especie: $\chi = 1,42$, g.l.=3, $p = 0,70$; test de contingencia). Nos ha llamado la atención que los profesores chilenos utilizan este recurso con la misma frecuencia para ambos conceptos (77,7% siempre o casi siempre lo utilizan), mientras que los españoles le dedican más al concepto de especie (12,5% nunca o casi nunca lo utilizan) que al de población (30% nunca o casi nunca lo utilizan), quizá porque este último es considerado de baja dificultad por más porcentaje de profesores (51,3%).

La explicación de ambos conceptos con ejemplos se ha utilizado siempre o casi siempre por todo el profesorado encuestado. Antes de comentar qué tipo de ejemplos se han incluido con más frecuencia, hay que señalar que estas preguntas no han sido respondidas por todas las personas encuestadas.

Figura 6.2. Frecuencia con la que los profesores de Andalucía (España, A y B) y del Maule (Chile, C, D) emplean actividades en el aula para ayudar al aprendizaje de los conceptos de población (A y C) y especie (B y D).



Un elevado porcentaje de profesores de ambos países (aproximadamente el 79%) menciona el uso de especies próximas para la explicación del concepto de especie. El interés de este tipo de ejemplos radica en que al alumnado le resulta más fácil relacionarlos con aquello que tienen que aprender (Marbach Ad, 2001). Curiosamente la mención de la especie humana como ejemplo aparece en menor proporción (35,7% del profesorado chileno y 44% del profesorado español) aunque, cuando se les pregunta específicamente por el uso de este ejemplo, son pocos los que nunca o casi nunca la utilizan (3,7% en el caso de los chilenos y 22,5% en el caso de los españoles). La mención de ejemplos pertenecientes al reino animal es más frecuente (entre el 70 y el 80%) que la de ejemplos pertenecientes al reino vegetal (entre el 29 y el 44%).

En los libros de texto españoles es frecuente encontrar el ejemplo del cruce entre caballo y burro para ilustrar el caso de especies diferentes con híbridos estériles. Este ejemplo también es mencionado por el 35% de profesores españoles, pero es poco usual entre el profesorado chileno (7%).

Respecto a los ejemplos de población ocurre algo parecido a lo que ocurre con los de especie porque se ha mencionado con más frecuencia el uso de especies animales

que de vegetales y también usualmente se utilizan especies próximas. Las respuestas a la pregunta en la que se especifica el uso de población humana como ejemplo difieren significativamente entre ambos países ($\chi^2=6,67$, g.l.=2, $p=0,035$; test de contingencia) pues parece ser utilizado con menos frecuencia por los españoles (22,5% no lo utilizan nunca o casi nunca) que por los chilenos (3,7% no lo utilizan nunca o casi nunca).

Si existen dificultades para definir un concepto tan controvertido como el de especie, debería esperarse desde la práctica docente que todo el profesorado de biología comentara estas dificultades. Sin embargo, el 18,5% de los profesores chilenos y el 25,5% de los profesores españoles nunca o casi nunca lo hacen, por lo que se desvían significativamente de lo esperado (españoles: $\chi^2=315,02$, g.l.=3; chilenos: $\chi^2=233,36$, g.l.=3; $p<0,0001$ en ambos; test de bondad de ajuste).

Si prestamos atención a los trabajos de campo, nos encontramos con que no parece ser la práctica más habitual entre los docentes andaluces (alrededor de las tres cuartas partes nunca o casi nunca lo utilizan), a pesar de que permiten una mayor motivación de los alumnos y unos buenos resultados en el aprendizaje (Magntorn y Helldén, 2007) además de poder conectar la evolución con la observación del mundo cotidiano del alumnado (Bradley, 2001). Esta disminución en las oportunidades de trabajo de campo en la enseñanza obligatoria no parece ser exclusiva de nuestro país, ya que Dillon et al. (2006) también la han señalado, a la vez que resaltan investigaciones en todo el mundo que muestran la importancia y el beneficio del trabajo de campo en los participantes. Este recurso, sin embargo, parece ser utilizado con más asiduidad por los docentes chilenos encuestados (14,8% nunca o casi nunca lo utilizan) por lo que hay diferencias significativas entre los encuestados de ambos países ($\chi^2=21,30$, g.l.=3, $p<0,0001$; test de contingencia).

Las aplicaciones reales que tiene todo aquello que los estudiantes estudian pensamos que puede ser un elemento motivador para ellos, pues con frecuencia preguntan “¿y esto para qué sirve?” En el caso que nos ocupa es bastante fácil poder contestar, aunque la respuesta en sí sea compleja de abordar. Podríamos afrontar la pregunta hablando de la importancia de la conservación de las especies y de la labor que realizan los investigadores que se dedican a ello. De esta manera se podrían iniciar en los trabajos de campo y las técnicas de muestreo que se necesitan para conocer la distribución y abundancia de las especies. Cómo elegir la zona de estudio o a qué poblaciones dedicarles la investigación servirían para abrir el debate sobre la dificultad

de la aplicación de los conceptos en el campo. Así, la explicación teórica y la aplicación práctica de alguna técnica de muestreo podría quizá ayudarnos, junto al recurso del trabajo de campo, a facilitar el aprendizaje de ambos conceptos. Sin embargo este recurso parece utilizarse de manera similar a los trabajos de campo, pues es poco frecuente entre los docentes andaluces y usual entre los chilenos, aunque en ambos casos los resultados se separaran significativamente de lo recomendable (españoles: $\chi^2=568,03$, g.l.=3; chilenos: $\chi^2=388,44$, g.l.=3; $p<0,0001$ en ambos; test de bondad de ajuste).

La recomendación de bibliografía relacionada con los temas que utilizan de base los conceptos de población y especie, puede ser de interés pues, como indican Özkan et al. (2004), la información procedente de los textos podría capacitar a los estudiantes para progresar a su propio ritmo y obligarlos a usar sus habilidades mentales, pudiendo de esta forma mejorar la adquisición de conceptos científicos. Pero los resultados difieren significativamente de lo esperado tanto en el profesorado español ($\chi^2=398,52$, g.l.=1, $p<0,0001$), como en el chileno ($\chi^2=102,21$, g.l.=1, $p<0,0001$; test de bondad de ajuste) aunque lo usan con más frecuencia los segundos (66,7%) que los primeros (31,4%).

6.4. Conclusiones

Es necesario replantearse la forma de trabajar los conceptos de población y especie, no sólo por su importancia dentro de la Biología, sino también por su relación con la conservación de la biodiversidad tan necesaria en nuestro planeta, que puede incentivarse con una adecuada educación medioambiental.

La utilización de programas de simulación y los trabajos de campo son especialmente motivadores y dan buenos resultados; sin embargo, las salidas al campo, a pesar de las ventajas que puede suponer para la enseñanza, están infrautilizadas por los muchos inconvenientes que implican, al menos en nuestro país, relacionados sobre todo con la cada vez más creciente indisciplina del alumnado y la gran responsabilidad que supone para los profesores, los cuales se acaban convirtiendo en guardianes personales para dejar a un lado su verdadero papel. Para suplir este recurso sería recomendable el uso del propio jardín del centro o las zonas próximas a él. En estos espacios se podrían diseñar experiencias que permitieran acercar a los alumnos a la

ciencia a través de lo cotidiano, a la vez que realizar un planteamiento interdisciplinar e integrador de la biología.

Los conceptos de población y especie deberían servir como nexo entre las diversas disciplinas que forman la biología, por eso el recuerdo de ellos en temas como taxonomía, ecología, genética o evolución creemos que es importante, a la vez que permite ofrecer una visión *no compartimentada* de la biología que con frecuencia por motivos de organización docente no se aprecia.

El estudio comparativo entre profesores españoles y chilenos nos ha mostrado que globalmente el tratamiento que se les da a la población y a la especie es similar, aunque existen algunas diferencias entre ambos países. Si bien es cierto que se pueden comparar diferentes sistemas educativos, debe hacerse con reservas. No olvidemos la importancia que tienen los informes PISA y sus implicaciones en la sociedad y en la política educativa.

Por último, incidir en el uso de ejemplos en el que las especies pertenezcan al reino vegetal, porque de esta forma contribuimos a que los estudiantes acepten con más facilidad a los componentes de este grupo como seres vivos.

Capítulo 7. Las opiniones de los profesores de la enseñanza
universitaria

Capítulo 7. Las opiniones de los profesores de la enseñanza universitaria

7.1. Introducción

Para cualquier licenciado en ciencias, la formación científica que recibe es básica para su futuro profesional, bien sea la investigación, la enseñanza o la empresa. Actualmente la información a la que tiene acceso el alumno universitario es sobreabundante y le puede dar una visión parcelada, parcial, inexacta y superficial de la disciplina, por lo que el profesor es imprescindible para enlazar dicha información con el conocimiento (Cruz Tomé, 2000). Sin embargo, el papel que a veces juega el profesor puede ser discutible. Así, Carniatio y Fossa (1998) muestran en un estudio realizado con profesorado universitario que éstos no consideran los obstáculos epistemológicos de los estudiantes ni sus ideas previas sobre los fenómenos que tratan. Estas ideas, algunas veces procedentes de la instrucción preuniversitaria, son sustituidas por las adecuadas a su paso por la universidad, pero en otras ocasiones se mantienen, ya que suele predominar una enseñanza tradicional con clases magistrales como mecanismo principal de transmisión de conocimientos.

Podemos imaginar que un aprendizaje inadecuado puede interferir en la labor profesional que vayan a desempeñar los licenciados. En el caso de los futuros profesores se dificulta aún más esta labor al recibir escasa instrucción en didáctica, en muchos de ellos únicamente a través del C. A. P. Por este motivo los que se enfrentan por primera vez a la docencia, con frecuencia lo hacen de manera parecida a como ellos lo han vivido en su última etapa de estudiantes o dan un enfoque didáctico a sus clases muy similar al preferido por ellos cuando eran alumnos (Trumbull y Kerr, 1993).

Este panorama es el que nos ha impulsado a intentar complementar la información que ya hemos recogido sobre los profesores de EEMM y los alumnos de EEMM y Universidad. Para ello, hemos indagado en la visión que tiene el profesorado universitario sobre su propia docencia, en relación a los dos conceptos en torno a los que se estructura el presente estudio.

7.2. Metodología

Para conocer la visión que tiene el profesorado de universidad sobre la importancia, las dificultades de aprendizaje y la metodología utilizada en la enseñanza de los conceptos de población y especie, se elaboró la encuesta que se muestra en el Cuadro 7.1.

Una comisión de expertos formada por dos profesores de ecología y dos profesores expertos en didáctica validó la encuesta, y con posterioridad se difundió entre el profesorado perteneciente a diversos departamentos que imparten su docencia en las licenciaturas de Biología y Ciencias Ambientales de la Universidad de Granada.

Cuadro 7.1. Encuesta destinada a los profesores universitarios sobre los conceptos de población y especie.

1. ¿A qué Departamento pertenece?
2. ¿Qué asignatura/s imparte en Biología o en Ciencias Ambientales?
3. ¿Podría describir brevemente en qué campo de investigación trabaja actualmente?
4. ¿Cree que el concepto de población tiene alguna dificultad para sus alumnos? ¿Por qué?
5. ¿Esa dificultad se ha puesto de manifiesto a través de las respuestas que dan los alumnos en los exámenes o de alguna otra forma?
5. ¿Cree que ellos son conscientes de esa dificultad?
6. ¿Qué dificultad cree que tiene para los alumnos el concepto de especie? ¿Por qué?
7. ¿Esa dificultad se ha puesto de manifiesto a través de las respuestas que dan los alumnos en los exámenes o de alguna otra manera?
8. ¿Cree que ellos son conscientes de esa dificultad?
9. ¿En su docencia ha tenido que recordar el concepto de especie o ha supuesto que ya se conoce?
10. ¿Y el de población?
11. ¿Cree necesario que sus alumnos tengan suficientemente claro lo que es población para entender su asignatura?
12. ¿Cree necesario que sus alumnos tengan suficientemente claro lo que es especie para entender su asignatura?
13. ¿Piensa que un biólogo en su formación básica debe de tener claros ambos conceptos?
14. ¿En qué campos de su futuro profesional les pueden ser útiles esos conceptos?
15. ¿Qué herramienta o herramientas didácticas utiliza, en su caso, para ayudar a comprender mejor ambos conceptos?
16. ¿Qué herramientas didácticas podrían ser útiles o podrían desarrollarse mejor para ayuda de los alumnos en la comprensión de estos conceptos?

Nuestro objetivo principal fue obtener una muestra lo más diversa posible en cuanto a departamentos universitarios y alcanzar una perspectiva lo más amplia posible de la situación. Sin embargo, nuestras aspiraciones contrastaron con el hecho de que sólo se recibieron diez encuestas, cuyo profesorado pertenece a los departamentos que se señalan en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Distribución por Departamentos de los profesores universitarios que respondieron a la encuesta sobre los conceptos de población y especie.

DEPARTAMENTO	PROFESORES
Bioquímica y Biología Molecular	1
Genética	2
Fisiología Vegetal	4
Biología Animal	1
Estratigrafía y Paleontología	1
Botánica	1

Campanario (2002) indica que la percepción que tiene el profesorado universitario acerca de la didáctica no es muy positivo ya que muchos consideran la investigación en didáctica como una investigación de segunda clase. Posiblemente esta creencia ha influido en el escaso número de personas que han respondido al cuestionario y en la forma en la que algunos de ellos han respondido.

7.3. Resultados y Discusión

Puesto que las preguntas fueron de tipo abierto y el número de encuestas recibidas ha sido bajo no hemos establecido categorías para realizar un análisis estadístico de tipo cuantitativo, motivo por el cual daremos una descripción cualitativa de las respuestas obtenidas.

El interés de ambos conceptos para la biología, evidenciado por diversos autores (Berryman, 2002; Pigliucci, 2003; Mayr, 2006; Schaefer 2006) es algo que parece aceptar todo el profesorado encuestado, señalando uno de ellos que:

“deberían formar parte de la “cultura general” de cualquier profesional vinculado al medio ambiente o a las ciencias de la vida. Es como un médico que no sepa definir “enfermedad”, como un psicólogo que no sepa lo que es una “fobia” o el “psicoanálisis”, etc...”

Esa apreciación también se traslada al campo profesional, señalando algunos de los encuestados que estos conceptos serían más útiles en “*enseñanza e investigación*”, especificando algunas personas los campos más directamente relacionados con ambos conceptos como pueden ser medio ambiente, ecología, zoología, botánica. Sin embargo un profesor indica “*en todos los campos*”, mientras que otra señala “*docencia y genética*”. Esta respuesta nos ha llamado la atención por lo concisa y específica pues, si

bien hay otras igual de breves que podrían albergar una visión más amplia e integradora de la biología, en este caso sólo se reseña el campo de la genética. Es probable que haya influido en esa respuesta la pérdida de perspectiva que a veces lleva consigo la especialización.

La apreciación que tiene el profesorado sobre las dificultades de ambos conceptos entre sus alumnos se aproxima a la encontrada por el de enseñanzas medias (Jiménez Tejada et al., 2008b), lo que de nuevo llama nuestra atención al contrastar, por un lado, con los resultados obtenidos en las encuestas de los alumnos de Biología (ver Capítulo 3) y por otro con la visión científica, ya comentada en la Introducción, sobre la complejidad de ambos conceptos. Estos resultados quizá estén relacionados con el hecho de que la mayor parte de los profesores encuestados imparten su docencia en cursos superiores. En estos cursos la mayoría recuerda el significado de ambos términos (más el de especie que el de población), aunque estimen que no sea necesario su conocimiento para comprender la asignatura que imparten. Algunos los dan por supuestos, pero al ser conceptos ya trabajados con anterioridad no son el centro de los debates, prácticas ni exámenes, por lo que posiblemente no queda patente esa dificultad. Sin embargo, dos profesores que tienen docencia en el primer curso de Biología sí han observado entre sus alumnos durante debates, prácticas, salidas al campo y exámenes. Estos mismos profesores comentan que la dificultad en el concepto de población se encuentra fundamentalmente en “*no tener claros los límites entre poblaciones*” o en “*no entender la complejidad espacio-temporal*”. Igual que ocurría para el profesorado de enseñanzas medias (ver Capítulos 6 y 8), la percepción que tienen los profesores de universidad de la dificultad del concepto de especie entre sus alumnos es mayor a la apreciada para el concepto de población. Algunos de los comentarios a este respecto están relacionados con las excepciones al concepto biológico de especie, como se expresa en esta respuesta:

“El concepto que más se utiliza, el de especie biológica, ... y esta regla presenta multitud de excepciones, sobre todo en plantas”.

Si la solución a las dificultades para definir el concepto de especie está en considerar que la “idea” especie está formada por un conjunto de conceptos (Hull, 1965; Wittgenstein, 1973; Pigliucci, 2003) es precisamente el querer utilizar una única definición lo que crea mayores dificultades entre los alumnos. Esta idea queda plasmada en la respuesta que da otro profesor:

“ El encontrar un concepto de especie único y universal”.

Si la dificultad que conlleva el concepto de especie es grande, ésta se complica aún más en la actualidad, al incluir a las especies transgénicas, por lo que otra respuesta que ha despertado nuestro interés ha sido la siguiente:

“En general, la dificultad derivada de creer que las especies transgénicas (que habría que definir claramente desde el punto de vista de la taxonomía vegetal) pueden hibridarse con otras especies totalmente distintas fuera de sus centros de origen. En general, confusión procedente de grupos ecologistas, prensa y TV”.

De las respuestas dadas a la pregunta en que deben opinar si sus alumnos son conscientes de las dificultades de ambos conceptos, podríamos extraer que los alumnos parecen ver más claras las dificultades en el de especie que en el de población. Este hecho nos trae a la mente los resultados obtenidos en la revisión de los libros de textos de secundaria y bachillerato (Capítulo 4), donde no se mencionaba la dificultad en el concepto de población pero algunos, aunque pocos, comentaban la del concepto de especie. Es posible que el alumnado piense que el concepto de población es muy intuitivo, y que al definirlo no vean las dificultades que entraña su aplicación en la práctica, mientras que el de especie no lo es tanto, a la vez que la búsqueda de una única definición sin excepciones se ha visto, históricamente, como una tarea muy compleja. Estas ideas vendrían también reforzadas por los libros de texto y por los ejemplos que usualmente se ponen en secundaria para explicar el concepto de población, con los que no se transmite que exista dificultad alguna. Sin embargo, durante las entrevistas, algunos alumnos manifestaron que pensaban que el concepto de población no era difícil y que creían dominarlo (Capítulo 3); no obstante, en algunos momentos en que hubo que aplicar el concepto o poner ejemplos fueron conscientes de que no era tan fácil como pensaban inicialmente.

Es llamativo que una profesora haya respondido que para el concepto de población sí son conscientes de la dificultad “*si se les indica*”, lo que está en la misma línea que el hecho de que en los textos de secundaria y bachillerato no aparezcan mencionadas las dificultades del concepto de población (Capítulo 4). Es posible que si los alumnos desconocen la existencia de las dificultades que entraña el concepto de población no se cuestionen si su aprendizaje es el adecuado y si lo aplican correctamente, o dicho de otra forma, no serán conscientes de que no se enteran, lo que

ocurre con cierta frecuencia (Campanario, 1995a; Campanario et al., 1997; Campanario y Otero, 2000a). Siendo así no utilizaran las estrategias oportunas para modificar las concepciones erróneas que poseen (Baker, 1991). Si bien lo usual entre los profesores encuestados ha sido recordar ambos conceptos, no lo es tanto el uso de herramientas para ayudar a su comprensión, siendo lo más reseñado el uso de ejemplos, aunque también la discusión y el debate, y en escasa medida las prácticas de campo. Entre las propuestas que hacen para mejorar la enseñanza y aprendizaje de ambos términos se incluyen herramientas de probado beneficio didáctico. Por ejemplo:

“Creo que sería útil desarrollar herramientas interactivas con un importante componente visual. Creo que los conceptos se entienden bien, pero ayudaría sobre todo a ver la complejidad del problema y a desechar conceptos erróneos.”

“Simulaciones de cambio en las poblaciones y especiación bajo distintos modelos podrían ser muy útiles.”

Los programas de simulación por ordenador, cuyas ventajas en la enseñanza de la ecología se han manifestado por diversos estudios (Nevanpää y Law, 2006; Bromham y Oprandi, 2006; Korfiatis et al., 1999) pueden en este caso ser de gran utilidad, al permitir la observación de procesos en un tiempo mínimo, mientras que a tiempo real necesitan de muchos años. En cuanto a los trabajos de campo, muy adecuados dadas las ventajas y buenos resultados obtenidos con el uso de este recurso (Magntorn y Helldén, 2007; Bradley, 2001), también los ha propuesto otro profesor:

“Además de los propios ejemplos que nos ofrece la naturaleza, creo que la mejor herramienta es enfrentar a los alumnos a casos prácticos en los que tengan que usar poblaciones y especies.”

Queremos llamar la atención sobre dos respuestas dadas. En una se dice que “*no necesitan otra además de la explicación y el debate*”, y en otra se indica “*no soy experto*”. En el primer caso la profesora recuerda ambos conceptos mientras que en el segundo caso el profesor encuestado no cree que los alumnos tengan dificultades con esos conceptos, y no los recuerda porque no son necesarios para entender su asignatura. Nos preguntamos si el hecho de no ser experto impide plantear nuevas herramientas didácticas para solventar posibles problemas de aprendizaje, aunque estos se den en el ámbito universitario. También pensamos que la explicación y el debate, aunque pueden ser correctos, quizá a largo plazo no sean tan eficaces como algunas de las propuestas señaladas anteriormente.

7.4. Conclusiones

El bajo número de encuestas recibidas no nos permite llegar a conclusiones definitivas; sin embargo, se pueden señalar algunas orientaciones que nos parecen de interés. Suponer que se conocen conceptos tan básicos e importantes como los que estamos tratando no parece ser algo exclusivo entre el profesorado de secundaria y bachillerato. Esto contribuye a aumentar el desconocimiento y los errores entre nuestros alumnos, por lo que debería existir la oportunidad de que nuestro alumnos universitarios tuviesen que adquirir y superar unos contenidos mínimos de “cultura general” de cualquier profesional vinculado al medio ambiente o a las ciencias de la vida, como bien decía uno de los profesores encuestados. No olvidemos que la infraestructura de la universidad puede ser mejor que la de los institutos, y que también es una enseñanza no obligatoria y para personas con mayoría de edad, por lo que las prácticas de campo no cuentan (o no deberían contar) con la dificultad que presenta su realización en etapa obligatoria y preuniversitaria.

Entre el profesorado universitario existen diversas concepciones sobre cómo es y debe ser la docencia universitaria. Uno de los problemas que señala Campanario (2002) es la intuición que existe entre estos profesores de que los únicos problemas de la enseñanza de las ciencias son los relacionados con la falta de conocimiento de la propia asignatura. Para el mismo autor, un objetivo modesto pero útil sería conseguir que el profesorado dudase sobre la validez y adecuación de sus propios métodos docentes. Aunque no haya recibido formación en didáctica, el profesorado universitario debería tener presente la mejora en la enseñanza y aprendizaje de su materia, por lo que sería deseable establecer un intercambio de propuestas y mayor cooperación entre las llamadas “ciencias puras” y las “ciencias de la educación”. Esta cooperación para la formación pedagógica del profesorado universitario, tendría un efecto multiplicador en otros niveles educativos, que a la larga afectarían positivamente a la propia universidad por retroalimentación (Campanario 2002): los profesores universitarios prepararían mejor a los futuros profesores de Enseñanzas Medias, cuyos alumnos llegarán mejor preparados a la universidad.

Capítulo 8. El concepto de población en Matemáticas y Ciencias
Sociales: los libros de texto y la opinión de los profesores

El contenido de este capítulo ha sido publicado como
*Jiménez Tejada, M. P.; Hódar, J. A. y González García, F. 2008. El aprendizaje del
concepto biológico de población: cómo pueden las ciencias sociales y las matemáticas
colaborar con la didáctica de la biología. Didáctica de las Ciencias Experimentales y
Sociales, 22:103-114.*

Capítulo 8. El concepto de población en Matemáticas y Ciencias Sociales: los libros de texto y la opinión de los profesores

8.1. Introducción

Los errores presentes en el alumnado son con frecuencia los mismos que la ciencia ha mostrado a lo largo de su desarrollo. Así, la enseñanza de la evolución ha sido objeto de numerosos estudios desde la Didáctica de la Biología, en algunos de los cuales han quedado patentes errores conceptuales de los alumnos similares a los encontrados en la historia del evolucionismo como la visión lamarckista (Brumby, 1979; Lucas, 1986; Jiménez Aleixandre y Fernández, 1989). Mayr (2006) encuentra enigmático que, siendo la evolución un fenómeno tan obvio para los estudiosos de la naturaleza, haya tenido un rechazo casi universal hasta mediados del siglo XIX. Este rechazo, manifiesta el mismo autor, fue motivado por un marco conceptual inadecuado, procedente en algunos casos de épocas pretéritas, como ocurrió con el pensamiento tipológico introducido por Platón y los pitagóricos. Este pensamiento sigue estando ampliamente extendido en los estudiantes universitarios, tanto de Biología de diferentes niveles como de otras carreras (Gándara et al., 2002; Blackwell et al., 2003; Fernández y Sanjosé, 2007), y es el marco que hay que rechazar a favor del pensamiento poblacional, tal como ocurrió en la década de 1930. Sólo así se podrá transmitir a los alumnos que la evolución no produce cambios en el individuo sino en las poblaciones, dentro de las cuales existe la variabilidad imprescindible para que actúe la selección natural. Sorprendentemente, el interés del pensamiento poblacional no ha traído parejo su estudio desde el campo de la didáctica, a pesar de su importancia para la comprensión y aceptación de la evolución por selección natural. El interés de dicho concepto para la Biología radica no sólo en la mejor comprensión de la evolución, sino en permitir tener una visión integradora de la Biología al estar relacionado con diversas ramas de la misma (Berryman, 2002; Schaefer, 2006). Tampoco debemos olvidar sus aplicaciones prácticas en esta disciplina, como el caso de la biología de la conservación, que tanta atención despierta en la actualidad dada la crisis de biodiversidad en la que estamos inmersos.

Si para la Biología es importante el concepto de población, no lo es menos para una sociedad cada vez más multicultural, que requiere el respeto por otras creencias y formas de vivir para un funcionamiento lo más armonioso posible, en definitiva,

facilitar la integración social. En el pasado, la falsa interpretación del darwinismo (el llamado darwinismo social) acarreó consigo errores y horrores que no deben repetirse. La comprensión, buena interpretación y aceptación de la evolución por parte de los alumnos podrá contribuir precisamente a evitar estos desastres. A ello no sólo se puede contribuir desde la biología sino también desde otras disciplinas.

El desarrollo de los conocimientos y la cultura se realiza de forma compleja, híbrida, no lineal, heterogénea y transdisciplinar (Thompson, 1994), dándonos una visión de la realidad plenamente integradora. Frente a esta visión, la que se nos ofrece a nuestro paso por los distintos niveles educativos es en muchos casos la contraria, quizá motivada por el cada vez mayor grado de especialización del profesorado. Esto puede generar una pérdida de perspectiva del medio que nos rodea, que se contrapone con la visión que hay que tener para enfrentarnos a los múltiples problemas que tiene nuestra sociedad. La contaminación, la violencia, la pobreza, etc., requieren de la cooperación de numerosos especialistas en diversas materias y de respuestas integradoras y colectivas (Pérez de los Reyes et al., 2003). Ante estos problemas las nuevas generaciones deben estar bien preparadas para enfrentarlos, y es conveniente que la interdisciplinariedad sea un principio didáctico a tener siempre presente en los diseños curriculares de los diferentes niveles educativos. El concepto de población es uno de los que se prestan al tratamiento interdisciplinar desde las Ciencias, las Matemáticas y la Geografía, etc., ofreciendo la oportunidad de integrar la ciencia, la tecnología y la sociedad. Este concepto, que tradicionalmente se viene tratando de forma atomizada desde las tres disciplinas y sin conexión alguna entre ellas, podría ser el eje de las mismas al conectar problemas como el crecimiento demográfico, la pobreza o la escasez de recursos, permitiendo también el tratamiento de materias transversales como la educación ambiental o la educación para la paz.

En este capítulo de la memoria pretendemos dar a conocer los tratamientos que ofrecen del concepto de población los libros de texto de Geografía, Ciencias Sociales y Matemáticas, y conocer cómo trabaja este mismo concepto el profesorado de dichas disciplinas. El objetivo básico de este estudio es ver hasta qué punto coinciden los textos analizados en el tratamiento de la dinámica poblacional con el que recibe en los de biología, porque puede suponer un buen punto de partida para proponer estrategias que permitan abordar la enseñanza interdisciplinar de este concepto.

8.2. Metodología

8.2.1. Revisión de los libros de texto de Matemáticas

Se ha revisado un total de 80 libros de texto de la asignatura de matemáticas editados desde 1996 hasta 2004, distribuidos de la siguiente manera: 4 libros de 1º E.S.O., 18 de 2º E.S.O., 18 de 3º E.S.O., 21 de 4º E.S.O., 17 de 1º Bachillerato, y 12 de 2º Bachillerato (ver Anexo 1 para más detalles). Para conocer si ha habido variaciones en el temario durante dichos años, se han consultado los reales decretos de enseñanzas mínimas para Bachillerato (R.D. 1178/1992 y R.D. 3474/2000) y E.S.O. (R.D. 1007/1991 y R.D. 3473/2000) que afectaron a dicho período observando que no han sido notables los cambios. La estadística se trataba en 2º, 3º y 4º de la E.S.O. y en 1º y 2º de Bachillerato básicamente como matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales.

Para el análisis se elaboró una ficha que permitiera poner de manifiesto el tratamiento que se da a las poblaciones y muestras estadísticas, cómo se definen, qué tipo de ejemplos se utilizan y qué poblaciones y/o muestras se toman en las actividades. La ficha utilizada se detalla en el Cuadro 8.1.

La plantilla incluye, además de los datos de identificación para cada libro, 13 ítems a revisar:

1. *Definición.* Después de revisar varios libros de texto se incluyeron en este apartado, además de la opción ausencia de ella, tres tipos posibles de definiciones:

- Una completa que incluyese ejemplos de lo que puede ser considerado población.
- Otra en la que se diferencia entre personas o cosas como componentes de la población
- Una más aséptica en la que se habla de elementos objeto de estudio, sin diferenciar entre personas, cosas o seres vivos.

2. *Ejemplos de población.* En este apartado se analizaba la situación de los ejemplos (si los había), es decir, si se encontraban en la definición o desvinculados de ella.

3. *Tipos de ejemplos de población.* Si aparecen las personas, otros seres vivos o los objetos.

4. *Actividades.* Se analizaba la existencia de actividades en las que hubiese que aplicar el concepto de población y decir cuál era en cada caso (ver ítem 8, ejemplo 1).

5. *Situación del tema en el libro y número de temas dedicados a la estadística.*

Cuadro 8.1. Ficha usada en la revisión de los libros de texto de Matemáticas empleados en este capítulo.

ASIGNATURA.....	REEDICIÓN.....
EDITORIAL.....	
CURSO.....	
TÍTULO.....	
AÑO DE EDICIÓN.....	
1. Definición	
a) Definición más compleja especificando con ejemplos el sentido amplio del término "población".	
b) Definición en la que se diferencian entre personas o cosas como componentes de una población.	
c) Solo se especifica que se trata de elementos con una determinada característica o que son objeto de estudio estadístico.	
d) No hay	
2. Ejemplos de población	
a) Sólo en la definición.	
b) En definición y en párrafos siguientes de la misma pregunta.	
c) No aparecen ejemplos en teoría pero si aparte	
d) No hay	
3. Tipos de ejemplos de población	
a) seres humanos b) otros seres vivos c) objetos o entes	
4. Actividades	
a) No se proponen actividades con las que se trabaje el concepto.	
b) Se proponen actividades en las que se tiene que utilizar el concepto de población aplicado a seres vivos no humanos.	
c) Se proponen actividades en las que se tiene que utilizar el concepto de población aplicado a humanos.	
d) Se proponen actividades en las que se tiene que utilizar el concepto de población aplicado a entes abstractos, elementos matemáticos, etc.	
5. Situación del tema en el libro: tema nº de un total de:.....	
6. Diferencia individuo de población	
a) no b) sólo en definición c) sólo en ejemplo d) en ambos	
7. Diferencia población de muestra	
a) no b) sólo en definición c) sólo en ejemplo d) en ambos	
8. Nº de actividades en las que se trata el concepto población	
a) seres humanos b) otros seres vivos c) objetos o entes	
9. Nº de otras actividades en las que aparecen	
a) seres humanos b) otros seres vivos c) objetos o entes	
10. Nº total de actividades	
11. Nº de ejemplos/prob. resueltos de población	
a) seres humanos b) otros seres vivos c) objetos o entes	
12. Nº de otros ejemplos en los que aparecen	
a) seres humanos b) otros seres vivos c) objetos o entes	
13. Nº total de ejemplos	

6. *Diferencia individuo y población.* Si se hace o no, y dónde.

7. *Diferencia población de muestra.* Si se hace o no, y dónde.

8 y 9. *Análisis cualitativo de las actividades sobre el concepto de población.* Se examina tipo de poblaciones que se utilizan en las actividades y si en éstas se trata

exclusivamente de averiguar el tipo de población (ejemplo 1) o se hacen otro tipo de preguntas (ejemplos 1 y 2):

Ejemplo 1:

Di, en cada caso, cuál es la población y cuál es la variable que se quiere estudiar. Especifica si es una variable cualitativa o cuantitativa, determinando, en este último caso, si es discreta o continua (Matemáticas 3º E.S.O. Anaya “En tus manos” Andalucía, 2002)

- a) Tiempo dedicado a las tareas domésticas por los hombres y mujeres que trabajan fuera del hogar.
- b) Estudios que quieren hacer las alumnas y los alumnos de un centro escolar al terminar la ESO.
- c) Intención de voto en unas elecciones autonómicas.
- d) Horas que dedican a ver la televisión los estudiantes de la E.S.O. en España.
- e) Número de aparatos de radio que hay en los hogares españoles.

Ejemplo 2:

De entre los alumnos de un colegio se ha seleccionado una muestra para observar el color de su pelo. Los datos se han distribuido según la tabla siguiente (MatemáticasA 4º E.S.O. McGraw-Hill, 1997):

<i>Color</i>	Frecuencia	Porcentaje
Negro	12	
Castaño	18	
Rubio	7	
Pelirrojo	2	
Albino	1	

- a) Completa la tabla con los porcentajes
- b) ¿Cuál es la moda?
- c) ¿Puedes hallar la media?
- d) ¿Puedes hallar la mediana? ¿Por qué?
- e) Representa esta tabla mediante un gráfico de sectores.

11 y 12. Análisis cualitativo de los ejemplo sobre el concepto de población. Analizamos el tipo de poblaciones que se utilizan en los ejemplos o en los problemas resueltos, y si en éstos se trata exclusivamente de mostrar el tipo de población que se estudia en cada caso. Los ejemplos y problemas resueltos son similares a los expuestos anteriormente.

10 y 13. Total de actividades y de ejemplos/problemas resueltos. Analizamos la dedicación de los temas de estadística al trabajo con poblaciones de seres humanos y de otros seres vivos.

Los ejemplos y actividades que, por su estructura, pudiesen incluirse en varios apartados se han separado fracciones, atribuyendo la parte que corresponde a cada uno de ellos. En el total de actividades se han incluido no sólo las que hay a lo largo del tema, sino también las que hay al comienzo y al final.

8.2.2. Revisión de los libros de texto de Sociales

Se ha revisado un total de 26 libros de texto de las asignaturas de Ciencias Sociales y Geografía e Historia, editados desde 1997 hasta 2004, repartidos por cursos de la siguiente forma: 1 libro de 1º E.S.O., 8 de 2º E.S.O., 10 de 3º E.S.O. (8 propiamente de 3º, más 2 libros editados para segundo ciclo de la ESO que hemos incluido en 3º para el análisis estadístico pues, de acuerdo con el R. D. 1007/1991, *el tercer curso se dedica exclusivamente a contenidos geográficos*), y 7 libros de 2º Bachillerato.

Para conocer si ha habido variaciones en el temario durante dichos años, se han consultado los reales decretos de enseñanzas mínimas para Bachillerato (R. D. 1178/1992 y R. D. 3474/2000) y E.S.O. (R. D. 1007/1991 y R. D. 3473/2000) que afectaron a dicho período observando que no hubo cambios que afectaran a la parte investigada.

En 2º E.S.O. se estudiaba la población mundial mientras que en 3º ESO se centraba en la población española. En la asignatura de Geografía de 2º de Bachillerato se estudiaba también la población española.

Para el análisis de los textos se elaboró una ficha en la cual, además de los datos identificativos del libro, quedase plasmado el tratamiento que se le da al concepto de población y su dinámica, pues son muchos los aspectos en los que se solapan con Biología o Ciencias de la Tierra. La ficha utilizada se muestra en el Cuadro 7.2.

La plantilla incluye, además de los datos de identificación para cada libro, 12 ítems a revisar:

1. *Número de temas y su ubicación en el libro.*
2. *Definición (o no) del concepto de población, y si se menciona o no el espacio y/o tiempo en dicha definición.*
3. *Definición (o no) de la densidad de población y cómo se hace (opción a y/o b)*

Cuadro 8.2. Ficha usada en la revisión de los libros de texto de Ciencias Sociales empleados en este capítulo.

ASIGNATURA.....				
EDITORIAL.....				
CURSO.....				
TÍTULO.....				
AÑO DE EDICIÓN.....	REEDICIÓN.....			
NOMBRE DEL CAPÍTULO.....				
1. Ubicación en el libro				
2. Definición de población	si	no		
3. Definición de densidad de población	si	no		
a) N° de habitantes/Km ²				
b) Relación entre el número de personas y la superficie de territorio que ocupan				
4. Factores que afectan a la distribución de la población	si	no	¿Cuáles?	
5. Cambios en la población por:				
a) natalidad	si	no		
b) mortalidad	si	no		
c) migraciones	si	no		
6. ¿Qué factores condicionan la mortalidad?				
7. ¿Qué factores condicionan las migraciones?				
8. Tasa de fecundidad	si	no		
9. Estructura de las poblaciones según sexo	si	no		
10. Estructura de las poblaciones según edad	si	no		
11. Propone ejercicios donde se trabaja con pirámides de poblaciones	si	no	¿Cuántos sobre el total?	
12. Pirámides de población en teoría				
13. Desarrollo sostenible:	si	no		
14. Relaciona superpoblación y agotamiento de recursos	si	no		
15. Gráfica de evolución de la población en teoría				
16. Gráfica de evolución de la población en actividades				
17. Gráfica de natalidad-mortalidad en teoría				
18. Gráfica de natalidad-mortalidad en actividades				

4. Factores que afectan a la distribución de la población, en especial si se mencionan factores físicos como la climatología.

5. Mención (o no) de la natalidad, la mortalidad y/o la migración como motores que producen cambios en el tamaño poblacional.

6. Factores que condicionan la mortalidad, como pueden ser los factores biológicos o la abundancia de recursos.

7. Factores que condicionan las migraciones, como pueden ser los factores naturales (buena climatología, abundancia de recursos).

8. *Mención (o no) de la tasa de fecundidad.*

9 y 10. *Trabajo de la estructura de poblaciones según sexo y edad en el texto, independientemente de que aparezcan o no gráficas de las pirámides de poblaciones.*

11 y 12. *Estudio en teoría y en actividades de las pirámides de poblaciones, y en qué proporción respecto al total.*

13 y 14. *Mención (o no) del desarrollo sostenible, y relación de superpoblación con agotamiento de recursos.*

15 a 18. *Uso de las gráficas de evolución de la población y de natalidad-mortalidad, tanto en teoría como en actividades, y en qué proporción respecto al total.*

En el total de actividades se han contabilizado las que hay a lo largo de los temas investigados, las que hay al inicio del tema para su introducción y las que hay al final de ampliación y de repaso. En el total de gráficos no se han incluido las fotografías que aparecen a lo largo del tema.

8.2.3. Las opiniones de los profesores de Matemáticas

El concepto de población en matemáticas va asociado al estudio de la estadística. Por dicho motivo hemos indagado entre el profesorado por la docencia de esta parte de la asignatura. Para esta indagación hemos usado la encuesta mostrada en el Cuadro 7.3.

Una comisión formada por dos profesores universitarios, uno de ellos experto en didáctica y otro experto en la disciplina, y dos profesores de matemáticas de secundaria, validó la encuesta, y con posterioridad fue circulada a los profesores de Matemáticas con docencia en distintos niveles de ESO y Bachillerato de varias provincias de Andalucía recogándose un total de 61 encuestas.

Los ítems a abordar a través de la encuesta son los siguientes:

1 a 7. *Impartición de la estadística.* Se trata de averiguar si la estadística en la E.S.O. y/o Bachillerato, en qué cursos, con qué frecuencia y en qué momento del curso.

8 a 10. *Conceptos de individuo, población y muestra.* Si se explican o no, y con qué frecuencia.

11 y 12. *Ejemplos de población.* Si se ponen o no, en qué medida, y qué tipos de ejemplos son los que reciben más atención.

Cuadro 8.3. Encuesta enviada a los profesores de Matemáticas de EEMM sobre el concepto de población.

Estimado/a compañero/a:
 Me dirijo a ti para solicitar tu colaboración con este sencillo cuestionario, cuyo fin es conocer el tratamiento que se le da al concepto de población desde la didáctica de las **Matemáticas**. Aunque la tesis que estoy elaborando es en didáctica de la Biología, creo que puede resultar de gran interés tu opinión para averiguar si desde las matemáticas y su didáctica puede haber influencias en las concepciones que tiene el alumnado en el concepto biológico de población.
 Muchas gracias por tu ayuda.

1. ¿Explicas estadística en la ESO cuando tienes docencia en dicha etapa?
 a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca e) Nunca
2. Si has explicado estadística alguna vez **en E.S.O.** ha sido en:
 a) 1º b) 2º c) 3º d) 4º opción A e) 4º opción B
3. ¿Explicas estadística en bachillerato cuando tienes docencia en dicha etapa?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
4. Si has explicado estadística alguna vez **en bachillerato** ha sido en:
 a) 1º de CC. NN. b) 1º de CC. Sociales c) 2º de CC. Sociales d) optativa Estadística en 2º de CC. NN.
5. ¿Cuándo la explicas en la E.S.O.?
 a) En primer trimestre b) En segundo trimestre c) En tercer trimestre
6. ¿Cuándo la explicas en 1º de bachillerato?
 a) En primer trimestre b) En segundo trimestre c) En tercer trimestre
7. ¿Cuándo la explicas en 2º de bachillerato?
 a) En primer trimestre b) En segundo trimestre c) En tercer trimestre
8. ¿Explicas el concepto de individuo?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
9. ¿Explicas el concepto de población?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
10. ¿Explicas el concepto de muestra?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
11. ¿Pones ejemplos de población?:
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
12. En caso de que la anterior respuesta haya sido afirmativa, de los siguientes tipos de ejemplos de poblaciones indica con un 1 cuáles pones con más frecuencia y con un 3 cuáles con menos:
 a) Personas b) Otros seres vivos c) Objetos
13. ¿Trabajas el concepto de población en actividades en las que únicamente se pide al alumno que identifique cuál es la población?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
14. De los siguientes tipos de poblaciones, indica con un 1 cuáles utilizas en actividades con más frecuencia y con un 3 cuáles con menos:
 a) Personas b) Otros seres vivos c) Objetos
15. ¿Crees que los alumnos **de ESO** asimilan que los elementos de una población no son siempre personas?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
16. ¿Crees que los alumnos **de Bachillerato** asimilan que los elementos de una población no son siempre personas?
 a) Siempre b) Casi siempre d) Casi nunca e) Nunca
17. ¿Crees adecuado coordinar con otros Departamentos la enseñanza de este concepto? ¿Con cuáles?

13 y 14. Actividades sobre población. Si se utilizan actividades en las que el alumno debe indicar cuál es la población objeto de estudio, y qué poblaciones son las que aparecen con mayor frecuencia en las actividades que utilizan.

15 y 16. Poblaciones cuyos elementos no son personas. Si los alumnos de E.S.O. y Bachillerato entienden que los elementos de una población no son siempre personas.

17. Coordinación con otros departamentos. Si aprecian la importancia de coordinarse con otros departamentos.

En resumen, el objetivo fundamental de esta investigación ha sido conocer el tratamiento que le da el profesorado de matemáticas a este concepto para después proponer actuaciones encaminadas a un tratamiento interdisciplinar del mismo.

8.2.4. Las opiniones de los profesores de Ciencias Sociales

El concepto de población tiene una larga historia dentro del estudio de las Ciencias Sociales, por lo que también hemos querido indagar entre el profesorado por la docencia de este concepto en esta asignatura.

Para estudiar el tratamiento de este concepto entre los profesores de Ciencias Sociales hemos usado la encuesta mostrada en el Cuadro 8.4

. Una comisión de expertos formada por dos profesores universitarios, uno de ellos de didáctica y otro de la disciplina en cuestión, y dos profesores de secundaria validó la encuesta, y con posterioridad fue circulada a los profesores de Ciencias Sociales con docencia en distintos niveles de E.S.O. y Bachillerato de varias provincias de Andalucía oriental recogándose un total de 51 encuestas que se han analizado mediante una distribución de frecuencias.

Los ítems a abordar a través de la encuesta son los siguientes:

1 a 4. Impartición del concepto de población. Se trata de averiguar si se define el concepto de población en la E.S.O. y/o Bachillerato, en qué cursos, con qué frecuencia y en qué momento del curso.

5. Dificultad del concepto población. Se pregunta sobre el grado de dificultad que supone para el alumnado el aprendizaje de dicho concepto.

6. Conceptos relacionados con el de población. Se pregunta en qué etapa y con qué frecuencia se trabajan diferentes conceptos ecológicos relacionados con el de población.

Cuadro 8.4. Encuesta enviada a los profesores de Ciencias Sociales de EEMM sobre el concepto de población.

Estimado/a compañero/a:

Me dirijo a ti para solicitar tu colaboración con este sencillo cuestionario, cuyo fin es conocer el tratamiento que se le da al concepto de población desde la didáctica de las Ciencias Sociales. Aunque la tesis que estoy elaborando es en didáctica de la Biología, creo que puede resultar de gran interés tu opinión para averiguar si desde las Sociales y su didáctica puede haber influencias en las concepciones que tiene el alumnado en el concepto biológico de población.

Muchas gracias por tu ayuda.

La opción CASI SIEMPRE corresponde a situaciones en las que habitualmente se trabaja un concepto o se trata un tema pero excepcionalmente no se cumple por falta de tiempo, grupos malos, etc.

La opción CASI NUNCA corresponde a situaciones en las que lo habitual es no trabajar un concepto o no tratar un tema pero excepcionalmente se hace.

1. ¿Defines el concepto de población en ESO? (si has impartido docencia alguna vez):
 a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 Si no lo haces explica por qué:

2. ¿Defines el concepto de población en Bachillerato? (si has impartido docencia alguna vez):
 a) Siempre b) Casi siempre c) Casi nunca d) Nunca
 Si no lo haces explica por qué:

3. ¿En qué momento del curso explicas, en Bachillerato, el tema en que se trata la población?
 a) En primer trimestre b) En segundo trimestre c) En tercer trimestre

4. ¿En qué momento del curso explicas, en ESO, el tema en que se trata la población?
 a) En primer trimestre b) En segundo trimestre c) En tercer trimestre

5. Según tu opinión, el concepto de población tiene para los alumnos un nivel de complicación:
 a) Muy alto b) alto c) medio d) bajo e) muy bajo

6. En la siguiente tabla se muestran algunos conceptos relacionados con el de población. Señala con una cruz según expliques siempre (s), casi siempre (cs), casi nunca (cn) o nunca (n). Indica también si los trabajas en Bachillerato o en ESO.

	SECUNDARIA				BACHILLERATO			
	S	CS	CN	N	S	CS	CN	N
Factores que afectan a la distribución de la población								
Natalidad								
Mortalidad								
Migraciones								
Tasa de fecundidad								
Estructura de las poblaciones según sexo								
Estructura de las poblaciones según edad								
Pirámides de población								
Relación entre superpoblación y agotamiento de recursos								

8.3. Resultados y Discusión

8.3.1. La revisión de los libros de texto de Matemáticas

La situación de los temas dedicados a la estadística corresponde, en un porcentaje elevado, a la última cuarta parte del libro. Si asumimos que el profesorado suele seguir el orden propuesto por el libro, esta situación se corresponde con el momento en el que se explican en el curso académico, es decir, el tercer trimestre. Esto coincide, al menos en secundaria, con las respuestas dadas por el profesorado de matemáticas (apartado 7.3.3), pues más del 50% no explica la estadística y, si lo hace, es habitualmente en el último trimestre.

A pesar de considerarse que el concepto de población es el más básico en estadística (Smith, 1993) el 31,5% de los libros analizados no incluyen ninguna definición, y en el resto la más frecuente ha sido la que la presenta como “elementos con una determinada característica o que son objeto de estudio estadístico”, que supone alrededor del 54% del total. También es bastante alto el porcentaje de libros que no incluyen ejemplos de dicho concepto (42,1%) y la mayoría no proponen ejercicios específicos para que el alumnado identifique la población, y los que lo hacen le dedican pocos.

Las poblaciones que más atención reciben, tanto en los ejemplos como en las actividades, son las de seres humanos, pues les corresponden un valor medio de 67,7% y 49,4% respectivamente. Este resultado puede ser el reflejo del origen del término población en estadística, pues tal como indica Moreno Verdejo (2003) “los primeros datos recolectados, sobre enfermedades, mortalidad, para fijar impuestos, etc., se referían a poblaciones reales para su mejor conocimiento”. Las poblaciones que menos atención reciben, tanto en los ejemplos como en las actividades, son las dedicadas a otros seres vivos, no llegando ninguno de ellos al 4% de media.

La diferencia entre individuo y población no se explica en el 68,5% de los libros analizados, mientras que la diferencia entre población y muestra no se explica en el 28,8%. Afortunadamente esta deficiencia puede ser paliada por las explicaciones del profesorado, pues muy pocos son los que no explican estos tres conceptos, tal como indican los resultados de las encuestas respondidas por ellos (apartado 5.3.3).

8.3.2. La revisión de los libros de texto de Ciencias Sociales

En los textos de Ciencias Sociales, la posición que ocupan los temas relacionados con la población se corresponde al primer tercio del libro en algo más del 50% de los casos analizados, mientras que sólo dos libros lo sitúan en el último tercio del mismo. Si consideramos que el profesorado con frecuencia sigue el orden propuesto por el libro, estos resultados podrían considerarse similares al momento en el que explican dichos temas, pues lo suelen trabajar en primer y/o segundo cuatrimestre (apartado 8.3.4). Esta coincidencia podría indicarnos la importancia de esta parte de la asignatura.

La definición del concepto de población es muy poco frecuente en estos libros, ya que solo el 11,5% la tienen y, al igual que en los manuales de genética y en algunos de ecología, se introduce el aspecto espacial pero no el temporal (Capítulo 5). La ausencia de esta definición en los textos se compensa con la explicación del profesorado que ha manifestado hacerlo siempre o casi siempre (apartado 5.3.4). Nos preguntamos si el motivo por el que no aparece la definición en los textos es porque los autores consideran que el concepto es muy intuitivo y de poca dificultad para los alumnos.

La densidad de población recibe mayor interés, pues sólo una cuarta parte (26,9%) de los libros no la define, aunque este resultado se separa de lo esperado. Creemos interesante que se explique, dada la influencia de la densidad en el acceso a los recursos, la incidencia de enfermedades y, en definitiva, la dinámica de la población. La definición más frecuente es la de “número de habitantes por km²”, aunque también aparece en un 78,9% la de “relación entre el número de personas y la superficie de territorio que ocupan.”

Los factores que intervienen en la distribución de la población humana se tratan en el 65,4% de los textos, incluyéndose en todos ellos factores físicos como la climatología. Natalidad, mortalidad y migración parecen trabajarse usualmente en los textos, pues sólo uno de ellos no menciona las dos primeras y en otro no aparece la migración. En cualquier caso, también estos aspectos se trabajan siempre o casi siempre por el profesorado (apartado 5.3.4), lo que de alguna forma compensa la deficiencia que muestran algunos de los libros.

Los factores que afectan a mortalidad y migración reciben menos atención, pues sólo alrededor del 50% de los libros los mencionan. Los recursos y los factores biológicos, como la edad o la higiene, son algunos de los factores que afectan a la mortalidad que se incluyen, aunque no en todos ellos, y que podrían ser uno de los

eslabones comunes a la dinámica de poblaciones que se trabaja desde la biología. Respecto a los factores que intervienen en las migraciones se mencionan la fecundidad y factores naturales (buena climatología o catástrofes naturales), pero no en todos.

La distribución de la población según sexo y edad en teoría (no se incluyen las pirámides de población) se trabaja en el 80,8% de los libros revisados, un porcentaje similar al que le dan los profesores de esta asignatura en secundaria (apartado 5.3.4).

A juicio de García de la Torre y Sequeiros (1995) uno de los obstáculos para profundizar en la práctica de la educación ambiental es entender el “medio ambiente” sólo como el “medio natural”, reduciendo dicha educación al conocimiento del medio natural, siendo pocos los que incluyen problemas de desajuste estructural (pobreza, marginación, hambre, injusticia, etc.). Creemos que esta ausencia de inclusión del medio social como parte del medio ambiente podría ser el motivo por el que hay libros de texto en los que no se presta atención al desarrollo sostenible (84,6%) o al agotamiento de recursos (46,1%) en los temas dedicados a la población. Afortunadamente gran parte del profesorado encuestado dedica algún tiempo a hablar del desarrollo sostenible (apartado 8.3.4).

Dos aspectos interesantes para tratar las poblaciones desde una visión interdisciplinar son las pirámides de poblaciones y las gráficas de crecimiento poblacional. Ambas parecen ser importantes para la disciplina cuyos libros hemos analizado, pues los dos tipos de gráficas aparecen en un porcentaje elevado de textos (96,2% y 88,5%) bien en teoría, bien en actividades o en ambos.

8.3.3. Las encuestas a los profesores de Matemáticas

La estadística es una parte de las matemáticas que con bastante frecuencia no se explica, pues vemos que en E.S.O. siempre o casi siempre la trabajan el 41,6%, siendo los cursos de 3º y 4º en los que se suele impartir, más que en primer ciclo de secundaria. Observamos también que se suele dejar para el último trimestre (82% del profesorado afirma impartir su docencia en esta parte del curso), e incluso pensamos que para el final del mismo, dado el porcentaje que nunca o casi nunca lo explican. Quizá el profesorado cree necesario, por motivos diversos, darle prioridad a otros temas antes que a la estadística.

En Bachillerato, el porcentaje de profesores que siempre o casi siempre explican esta parte de la disciplina es mayor (80,7%), siendo los grupos de Bachillerato modalidad de Ciencias Sociales en los que más parece trabajarse (73,1% del profesorado tanto en 1º como en 2º de este Bachillerato). En el primer curso de Bachillerato un alto porcentaje de profesores lo deja para el último trimestre, mientras que en el segundo curso parece explicarse en cualquiera de los trimestres. Todos estos resultados nos hacen suponer que el tratamiento de la estadística y el momento en que se explica está bastante influenciado por ser o no materia que se puede preguntar en selectividad. En E.S.O. no existe la presión de un examen de acceso a la universidad, mientras que en segundo curso de Bachillerato de Sociales sí la hay. Quizá por ello aumenta el número de profesores que explican estadística en el primer curso, aunque sea al final, mientras que el segundo no se deja su explicación para el último trimestre.

Los conceptos de individuo, población y muestra son explicados mayoritariamente, ya que son muy pocos los que nunca o casi nunca lo hacen. Es similar lo que ocurre con el uso de ejemplos de población, pues sólo el 1,7% casi nunca los utiliza.

Las poblaciones estadísticas que con más frecuencia se utilizan para los ejemplos y para las actividades son las de personas, seguidas de objetos (tornillos, bombillas, piezas, etc.), y las que menos se utilizan son las de otros seres vivos. Este resultado es paralelo al encontrado en el análisis de los libros de texto de matemáticas (apartado 8.3.1), cuyos ejemplos y actividades, en un porcentaje muy alto, tienen como poblaciones a los seres humanos, seguidas de objetos siendo escasa la atención que se le da a las poblaciones estadísticas de otros seres vivos. Creemos que estos resultados no son otra cosa que un reflejo de la historia de la estadística, pues en sus comienzos se encargaba del recuento o enumeración de personas y objetos, y desde las épocas más antiguas existen todo tipo de censos sobre las personas y sus bienes. Así, los chinos utilizaban tablas de datos agrícolas 2000 años a. C., y en la Biblia se cita el censo general ordenado por César Augusto en el Imperio Romano el año del nacimiento de Cristo.

Las ideas previas que los alumnos de E.S.O. y Bachillerato tienen sobre el concepto estadístico de población las ha puesto de manifiesto Moreno Verdejo (2003), mostrando su estudio que el significado geográfico del concepto de población es muy frecuente entre los alumnos de Secundaria, aunque menos en los de Bachillerato. Según

dicho autor “el concepto de población tiene un sentido cotidiano para el estudiante, asociado al significado geográfico usual, y en pocas ocasiones lo asocian a la estadística.” Sin embargo, los resultados de ese estudio creemos que difieren de la apreciación que tiene el profesorado, pues sólo el 22,4% piensa que los alumnos de la E.S.O. casi nunca asimilan que los elementos de una población no son siempre personas. Este porcentaje disminuye considerablemente para el Bachillerato, ya que la cifra baja hasta el 5,3%.

En la actualidad, la estadística está ampliamente extendida a numerosas disciplinas, por lo que pensamos que sería interesante que existiese coordinación entre el departamento de matemáticas y otros. Esta opinión la comparten el 57,3% de los profesores. De aquellos que especifican con qué departamentos, un 87,9% menciona al de sociales, un 90,9% menciona al de naturales y un 51,5% menciona a otros departamentos.

8.3.4. Las encuestas a los profesores de Ciencias Sociales

Definir el concepto de población parece ser una práctica habitual entre los profesores de Secundaria y Bachillerato, lo que compensa la ausencia de dicha definición en muchos libros de texto de esta asignatura (apartado 8.3.2). Sin embargo, hay casos en los que los encuestados responden casi siempre, quizá porque hay veces que consideran que no es necesaria tal definición. En ambos niveles educativos, lo más frecuente es que los temas relacionados con la población se trabajen en primer y/o segundo cuatrimestre, lo que puede ser indicativo de la importancia que se da a esta parte de la materia.

Respecto a los conceptos relacionados con población, indicar que tanto en Bachillerato como en E.S.O. habitualmente se tratan todos ellos, aunque hay algunas excepciones que comentamos más adelante. Los factores que afectan a la distribución de la población, natalidad, mortalidad y migraciones, la trabajan siempre en torno a un 90% de los profesores encuestados de ambos niveles, mientras que el resto lo hacen casi siempre.

La estructura de poblaciones según sexo y edad se trabaja siempre por todo el profesorado de Bachillerato, y en E.S.O. lo hacen alrededor del 78%. Las pirámides de población en E.S.O. siguen un tratamiento paralelo a la estructura de poblaciones, mientras que en Bachillerato el 96,5% las trabaja siempre. La tasa de fecundidad en

Bachillerato se estudia siempre o casi siempre, mientras que en E.S.O. el 8,5% casi nunca la da. Este resultado es llamativo porque en las encuestas al profesorado de ciencias (capítulo 6) también este concepto ha recibido menos atención que los otros.

Otro aspecto al que se le presta algo menos de atención es la relación entre superpoblación y agotamiento de recursos, pues en E.S.O. el 4,2% del profesorado casi nunca lo explica, y el 66% siempre lo hace. En Bachillerato el 73% siempre lo trabaja y el 6,6% nunca o casi nunca lo hace. Si bien todos los aspectos investigados son interesantes, este último en concreto nos parece importante que siempre se trabaje con el alumnado, desde todas las disciplinas en que sea posible, pues de esta forma contribuimos a transmitirles una actitud crítica frente al uso insostenible que hace el ser humano del medio ambiente.

8.4. Conclusiones

La visión antropocéntrica del concepto de población que tienen los alumnos universitarios procedentes del bachillerato de humanidades y sociales, más frecuente que en los procedentes del de ciencias de la naturaleza (Capítulo 4), está también presente en los alumnos de matemáticas de secundaria (Moreno Verdejo, 2003). Esta situación quizá podría mejorarse si desde los libros de texto en los temas de estadística se diera un tratamiento diferente a dicho concepto. Creemos que sería adecuada la presencia de las definiciones de individuo, población y muestra en todos ellos. Especificar en la definición los diferentes tipos de poblaciones que puede haber, así como poner ejemplos de todas ellas puede ser interesante para evitar, en cierta medida al menos, la visión antropocéntrica presente en el alumnado. Dar la misma atención, tanto en ejemplos como en actividades, a los seres humanos, a otros seres vivos y a los objetos también contribuiría a ello. Proponer un estudio paralelo de una población de humanos y de otra de otros seres vivos (por ejemplo la mosca del vinagre) desde una perspectiva interdisciplinar puede ser una opción a tener en cuenta para trabajar un concepto tan básico para la biología como para la estadística.

Numerosas investigaciones (Parcerisa, 1996; Tamir y García, 1992) demuestran la importancia de los libros de texto para la instrucción en nuestras instituciones de enseñanza nuestro país, y son un recurso didáctico de primer orden para el profesor (Otero, 1997). Por este motivo, si pretendemos acercarnos a un tratamiento interdisciplinar del concepto de población, es conveniente que también se haga desde

los libros de texto. Hemos visto que algunos aspectos investigados son tratados con menos atención de la deseada, aunque afortunadamente esa deficiencia es subsanada en muchas ocasiones por el buen hacer del profesorado. Además de mejorar las carencias observadas, ya mencionadas anteriormente, sugerimos que aspectos frecuentemente tratados por el profesorado de ciencias y por el de sociales, como son las definiciones de población, los factores que intervienen en la dinámica de poblaciones, las pirámides de población o las curvas de crecimiento poblacional, tengan un tratamiento paralelo. No se trata de dedicarle más tiempo a la demografía a costa de otros temas de la asignatura, sino de sugerir que la dinámica poblacional del ser humano se rige por los mismos factores que la de cualquier otro ser viviente, y poner algún ejemplo y gráficas comparativas de la especie humana y de otra diferente, sin dejar de lado la influencia del nuestra hombre en el crecimiento de las otras especies. No se debe perder de vista en los textos que el medio ambiente incluye también el medio social humano y que, al fin y al cabo las raíces de los problemas medioambientales están en un reparto desigual de la riqueza de nuestro planeta (Delibes de Castro, 2001).

Hemos visto que los alumnos universitarios procedentes del Bachillerato de Sociales tienen, con más frecuencias que los del Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza, una visión antropocéntrica del concepto de población. Esa visión también se ha puesto de manifiesto en el estudio realizado por Moreno Verdejo (2003) con alumnos de instituto para la asignatura de matemáticas. Creemos que desde la estadística se puede paliar, al menos en parte, esta visión si el profesorado le presta la misma atención a los distintos grupos de poblaciones estadísticas, para lo cual debería de utilizar varios libros de texto de donde extraer más ejemplos y actividades con otras poblaciones, y sobre todo de otros seres vivos, que realmente quedan infrautilizadas tanto por el profesorado como por los libros. También sería conveniente darle difusión entre el profesorado a estos resultados, ya que hemos observado la diferencia que existe entre la apreciación que hace el profesorado respecto a la visión que tienen los alumnos del concepto estadístico de población y lo concluido por la investigación.

La coordinación interdepartamental puede ser muy interesante, pues aporta a profesores y alumnos numerosas ventajas, aunque con mucho esfuerzo, como el ofrecer una visión no parcelada y más práctica del conocimiento, que sin duda podría ayudar a una mayor motivación del alumnado, pues lo pondría en contacto con lo cotidiano. Incitar a los alumnos a realizar pequeñas investigaciones estadísticas que impliquen a

diversas disciplinas puede ser un ejemplo de cómo trabajar el concepto de población de manera interdisciplinar. No obstante, somos conscientes de la realidad que vive el profesorado en los centros educativos, cada vez más requerido para realizar labores de tipo administrativo, y con un tiempo más limitado para su labor docente y su formación. Por otro lado, conseguir que varios departamentos lleguen a coordinarse implicaría incluir otro factor condicionante para la elaboración de los horarios. Nos encontramos, pues, con un panorama complicado, con un abordaje que depende exclusivamente de la buena intención del profesorado.

La dinámica poblacional del ser humano se rige por los mismos factores que la de cualquier otro ser viviente. Todas las especies convivimos en el mismo planeta y cualquier acción de una puede repercutir directa o indirectamente en las otras. Sin embargo, desde tiempos inmemoriales el ser humano se ha creído con el derecho de modificar a su antojo todo lo que lo rodea sin pensar en las repercusiones que ello pueda tener. Develay y Ginsburger-Vogel (1986) han manifestado que existe un antropocentrismo subyacente, y quizá esto explique nuestro comportamiento y forma de actuar frente a la naturaleza. Después de analizar los datos obtenidos creemos posible, desde un tratamiento interdisciplinar, poder influir en la disminución de dicho antropocentrismo.

Los conceptos relacionados con el de población se suelen tratar desde biología y desde sociales, por lo que proponemos un tratamiento paralelo de la especie humana y de otras especies. Análisis, construcción y comparación de gráficas a partir de datos procedentes tanto de la especie humana como de otras especies, comparación de datos de natalidad y mortalidad de diversas especies incluida la humana, comparación de rutas migratorias de diversas especies y factores que influyen en el uso de esas rutas, podrían ser algunos ejemplos de tratamiento interdisciplinar.

Esta forma de trabajar las materias sería, además de novedosa, una buena manera de reforzar y profundizar en el conocimiento del concepto de población, a la vez que permitiría modificar el pensamiento antropocéntrico observado entre algunos alumnos de diversos países, como muestran los estudios de Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993) con alumnos argentinos, o el de Helldén (2002) con alumnos suecos o los españoles en el estudio realizado por nosotros (Capítulo 3).

Anexo 8.1. Libros de texto de Matemáticas usados en la revisión efectuada en este capítulo.

ASIGNATURA	EDITORIAL	CURSO	TÍTULO	EDICIÓN
Matemáticas	Anaya Andalucía	1º ESO	Matemáticas	2004
Matemáticas	McGraw-Hill	1º ESO	Matemáticas I	1996
Matemáticas	Oxford Proyecto Exedra	1º ESO	Matemáticas	2003
Matemáticas	Proyecto Sur de ediciones	1º ESO	Construir matemáticas	1998
Matemáticas	Anaya (serie aula abierta)	2º ESO	Matemáticas	2001
Matemáticas	Anaya Andalucía	2º ESO	Matemáticas	2004
Matemáticas	Guadiel	2º ESO	Matemáticas 2	2003
Matemáticas	Proyecto Sur de ediciones	2º ESO	Matemáticas	2003
Matemáticas	SM	2º ESO	Aritmos Matemáticas	1997
Matemáticas	Summa cultural	2º ESO	Matemáticas	2001
Matemáticas	Algaida proyecto 2000	3º ESO	Matemáticas	1994
Matemáticas	Anaya Andalucía "	3º ESO	Matemáticas	2002
Matemáticas	Anaya Universo Anaya	3º ESO	Matemáticas	1995
Matemáticas	Bruño	3º ESO	Matemáticas Andalucía	2002
Matemáticas	Casals	3º ESO	Matemáticas	1995
Matemáticas	Ediciones octaedro	3º ESO	Matemáticas 3 (proy. Mágina)	1996
Matemáticas	Editex	3º ESO	Matemáticas	2002
Matemáticas	Everest	3º ESO	Matemáticas	1997
Matemáticas	Guadiel	3º ESO	Matemáticas	2001
Matemáticas	McGraw-Hill	3º ESO	Matemáticas	1994
Matemáticas	McGraw-Hill	3º ESO	Miriada xxi Matemáticas	1998
Matemáticas	Oxford	3º ESO	Matemáticas 3º	1998
Matemáticas	Santillana	3º ESO	Matemáticas	1995
Matemáticas	Santillana Grazalema	3º ESO	Matemáticas libro/diario de clase	2002
Matemáticas	SM	3º ESO	Matemáticas	1995
Matemáticas	SM	3º ESO	Matemáticas Gauss	2002
Matemáticas	SM	3º ESO	Andalucía Matemáticas	2002
Matemáticas	SM	3º ESO	Matemáticas Algoritmo	2002
Matemáticas	Vicens-vives	3º ESO	Matemáticas ALFA	2002
Matemáticas	Santillana	4º ESO	Matemáticas	1995
Matemáticas opción B	Algaida proyecto 2000	4º ESO B	Matemáticas opción B	1994
Matemáticas opción B	Almadraba	4º ESO B	Matemáticas 4b	1997
Matemáticas opción B	Anaya Andalucía	4º ESO B	Matemáticas	2003
Matemáticas opción B	Casals	4º ESO B	Matemáticas B	1998
Matemáticas opción B	Editex	4º ESO B	Matemáticas	1999
Matemáticas opción A	Editex	4º ESO B	Matemáticas B	2003
Matemáticas opción B	McGraw-Hill	4º ESO B	Matemáticas	1997
Matemáticas opción B	SM	4º ESO B	Algoritmo2000 Matemáticas	1998
Matemáticas opción B	SM	4º ESO B	Matemáticas Algoritmo	2003
Matemáticas opción B	SM	4º ESO B	Matemáticas Andalucía	2003
Matemáticas opción B	SM (edición euro)	4º ESO B	Algoritmo2000 Matemáticas	2001
Matemáticas	Algaida	4º ESO A	Matemáticas opción A	1994
Matemáticas opción A	Anaya Andalucía	4º ESO A	Matemáticas	2003
Matemáticas opción A	Anaya Universo Anaya	4º ESO A	Matemáticas	1995
Matemáticas opción A	Edelvives	4º ESO A	4º Matemáticas op. A	1995
Matemáticas opción A	Editex	4º ESO A	Matemáticas A	2003
Matemáticas opción A	Everest	4º ESO A	Matemáticas opción A	1998
Matemáticas opción A	McGraw-Hill	4º ESO A	Matemáticas	1997
Matemáticas opción A	Santillana	4º ESO A	Matemáticas opción A	1998
Matemáticas opción A	SM	4º ESO A	Sigma Matemáticas	1998

Matemáticas opción A	SM	4º ESO A	Matemáticas Andalucía	2003
Matemáticas CCNN y salud	Algaida	1º bach.	Matemáticas	2002
Matemáticas apl. a las CCSS	Algaida	1º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	2002
Matemáticas I	Anaya Andalucía	1º bach.	Matemáticas I	2000
Matemáticas I	Anaya Andalucía	1º bach.	Matemáticas I	2002
Matemáticas apl. a las CCSS 1	Bruño	1º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS I	2002
Matemáticas CCNN y tecnología	Bruño Proyecto Suma	1º bach.	Matemáticas I	2000
Matemáticas apl. a las CCSS 1	Casals	1º bach.	1º bach. Matemáticas	1997
Matemáticas CCNN y tecnología	Editex	1º bach.	Matemáticas I	2002
Matemáticas CCNN y tecnología	Everest	1º bach.	Matemáticas	1999
Matemáticas apl. a las CCSS	Guadiel	1º bach.	Matemáticas I apl. a las CCSS	2002
Matemáticas apl. a las CCSS	McGraw-Hill	1º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	1996
Matemáticas	McGraw-Hill	1º bach.	Matemáticas	2002
Matemáticas apl. a las CCSS	McGraw-Hill	1º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	2002
Matemáticas CCNN y tecnología	Oxford Proyecto Exedra	1º bach.	Matemáticas	2002
Matemáticas apl. a las CCSS	Santillana	1º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	2000
Matemáticas apl. a las CCSS	SM	1º bach.	Algoritmo2001 Matemáticas	2000
Matemáticas CCNN y salud	SM	1º bach.	Euler matemáticas	2000
Matemáticas apl. a las CCSS	Algaida	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	2003
Matemáticas apl. a las CCSS	Algaida	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	2004
Matemáticas apl. a las CCSS II	Anaya	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS II	2003
Matemáticas apl. a las CCSS	Casals	2º bach.	2 Bachillerato Matemáticas	1998
Matemáticas apl. a las CCSS II	Edelvives	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS II	1998
Matemáticas apl. a las CCSS II	Editex	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS II	1997
Matemáticas apl. a las CCSS	Editex	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	2003
Matemáticas apl. a las CCSS	Guadiel	2º bach.	Matemáticas II apl. a las CCSS	2003
Matemáticas apl. a las CCSS	McGraw-Hill	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS	1997
Matemáticas CCNN y salud	Santillana	2º bach.	Matemáticas CCNN y salud	2000
Matemáticas apl. a las CCSS 2	SM	2º bach.	Algoritmo2	2003
Matemáticas apl. a las CCSS 2	Teide	2º bach.	Matemáticas apl. a las CCSS 2	2003

Anexo 8.2. Libros de texto de Ciencias Sociales usados en la revisión efectuada en este capítulo.

ASIGNATURA	EDITORIAL	CURSO	TÍTULO	EDICIÓN
Ciencias Sociales	Editex	1º ESO	Geografía Andalucía	2000
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Oxford Educación	2º c. ESO	Ciencias Sociales. Geografía	1998
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Vicens-Vives	2º c. ESO	Ciencias Sociales. Geografía	1998
Ciencias Sociales	Algaida Andalucía	2º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2003
Ciencias Sociales	Ecir. Editania y Jerenna	2º ESO	Geografía e Historia	2003
Ciencias Sociales	Editex	2º ESO	Geografía e Historia	2003
Ciencias Sociales	Guadiel	2º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2003
Ciencias Sociales	Oxford. Proyecto Exedra	2º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2004
Ciencias Sociales	SM	2º ESO	Milenio CCSS. Geog. e Hist.	2002
Ciencias Sociales	SM	2º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2002
Ciencias Sociales	Vicens-Vives	2º ESO	Tiempo2 CCSS Geog. e Historia	1977/1997
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Algaida Andalucía	3º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Anaya. En tus manos.	3º ESO	Geografía. Ciencias Sociales	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Editex	3º ESO	Geografía	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Grazalema. Santillana	3º ESO	Geografía Libro/diario de clase.	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Guadiel	3º ESO	Geografía	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	Oxford	3º ESO	Geografía. Ciencias Sociales	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	SM Milenio	3º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2002
Ciencias Sociales. Geog. e Historia	SM proy. Zenit. Andalucía	3º ESO	Ciencias Sociales. Geog. e Hist.	2002
Geografía	Algaida	2º bach.	Geografía	2003
Geografía	Anaya	2º bach.	Geografía	2001
Geografía	Bruño	2º bach.	Geografía	2000
Geografía	Editex	2º bach.	Geografía	1999
Geografía	McGraw-Hill	2º bach.	Geografía	1998
Geografía	SM	2º bach.	Geografía	2003
Geografía	Vicens-Vives	2º bach.	Geografía	2000

Capítulo 9. Las entrevistas a los alumnos

Capítulo 9. Las entrevistas a los alumnos

9.1. Introducción

Tras haber optado por el cuestionario como método de diagnóstico de ideas alternativas, basándonos en sus ventajas de facilidad de aplicación, garantía de anonimato, o acceso a muestras amplias en un tiempo relativamente reducido (Capítulo 3), quisimos completar la adquisición de información sobre las ideas de los alumnos que ya habían respondido al cuestionario mediante el uso de la entrevista.

La obtención de información a través de la encuesta con interacción personal investigador-encuestado tiene diversas ventajas e inconvenientes (Selltiz et al., 1976; Fox, 1981). Si la persona entrevistada se siente relajada y confiada podrá responder de forma sincera y completa a las preguntas que se le hagan. Si no es así la motivación desaparecerá y los datos obtenidos con las respuestas quizá no sean del todo fiables. También permite repetir la pregunta si es necesario, formularla de manera diferente si no se comprende bien e incluso añadir nuevas preguntas si la respuesta no es suficientemente clara.

Al comienzo de la entrevista se explicó a los entrevistados los objetivos que pretendíamos conseguir. La mayoría fueron estudiantes de la licenciatura de biológicas, por lo que el tema del que se trataba era próximo a ellos. De esta forma contribuimos a desarrollar un clima de naturalidad y confianza necesario para que el entrevistado pudiera expresarse libremente (Arnal et al., 1992; Rodríguez Gómez et al., 1996). Además, al no tratarse la entrevista de una prueba oral con la que se estaba evaluando al encuestado, y el hecho de tratarse de una investigación relacionada con la enseñanza, un posible futuro campo profesional para los entrevistados, hizo que se estableciera un ambiente distendido y relajado durante la toma de datos disminuyendo así los aspectos negativos que implica este método de recogida de información.

9.2. Metodología

La entrevista fue realizada a un total de 82 alumnos, de los cuales 71 eran españoles y cursaban la asignatura de Didáctica de la Biología y Geología procediendo estos últimos de diversos cursos y licenciaturas, y 11 eran chilenos y cursaban la asignatura de Evolución de la licenciatura Pedagogía en Ciencias. La Tabla 9.1 muestra el reparto de los alumnos por curso y licenciatura.

La entrevista se desarrolló en dos fases. En la primera, la entrevista fue no estructurada y con preguntas de carácter abierto, que variaban según las respuestas dadas por el entrevistado, a la encuesta que habían contestado previamente en otra sesión. En la segunda, la entrevista era estructurada y constaba de preguntas de tipo cerrado y de tipo abierto.

Con la entrevista de la primera fase se pretendieron conseguir los siguientes objetivos:

1. Lograr que se justificaran respuestas que no estuvieran suficientemente explicadas en las encuestas.
2. Completar las definiciones dadas en las encuestas y/o en la entrevista con ejemplos.
3. Intentar que los alumnos fueran conscientes de sus errores al enfrentarlos con situaciones que les permitieran rechazar sus pensamientos incorrectos.
4. Delimitar las condiciones del problema en los casos en que los alumnos hubiesen contestado haciendo suposiciones.

Tabla 9.1. Distribución por cursos y licenciaturas de los alumnos universitarios que respondieron a la encuesta y después se sometieron a la entrevista sobre los conceptos de población y especie.

CURSO	LICENCIATURA	Nº ALUMNOS
1º	Biología	5
	Geología	1
2º	Biología	4
3º	Biología	19
4º	Biología	12
	Ciencias Ambientales	1
	Pedagogía en Ciencias	11
5º	Biología	22
	Geología	6
	Ciencias Ambientales	1

En resumen, los datos poco elaborados recogidos durante las encuestas se transformaron, gracias a la entrevista, en información valiosa y en diversos casos condujo a la modificación de ciertos razonamientos ((Rodríguez Gómez et al., 1996).

En definitiva, se trató de utilizar el debate o discusión que se entabló con el alumno durante la entrevista para que éste reconstruyera su propio conocimiento.

Como ejemplos de lo dicho anteriormente mostramos fragmentos de diversas entrevistas:

Entrevista número 4:

P. No aclaras la diferencia que hay entre población y especie. (Objetivo 1)

R. La población es un conjunto de individuos, yo puse que de la misma especie, pero es un lío, yo creo que puede ser de varias especies. Especies pueden ser individuos que se pueden cruzar y generar una descendencia. Y población es el conjunto de varias especies.

P. ¿Puedes poner un ejemplo en el que se ilustre que una población está formada por varias especies? (Objetivo 2)

R. Una población de mamíferos, una población de vacas, pero entonces serían de la misma especie. Siempre me lío con lo mismo.

P. En ecología ¿qué es comunidad? (Objetivo 3)

R. Conjunto de varias poblaciones. Ahí si pueden convivir varias especies. Eso si lo diría. Por lo tanto yo creo que población son un conjunto de la misma especie.

P. ¿Definitivamente para ti población son organismos de la misma especie?

R. Yo creo que si. Especie se refiere al individuo en sí, porque, por ejemplo, los humanos somos una especie, pero una población de humanos es el conjunto de toda...por ejemplo Granada, la población pues la gente que vive en Granada son de la misma especie. No contamos a ratas o a perros. Yo creo que esa es la diferencia o en eso varía. Que especie se refiere al individuo en si y población a varios individuos aunque sean de la misma especie.

P. ¿Pero entonces especie e individuo son lo mismo? (Objetivo 3)

R. No porque individuo se refiere al organismo. Es que aquí se puede definir especie como el individuo que lo caracteriza. No se explicarme. Pero vamos, población es el conjunto de organismos de la misma especie, y especie son organismos que se pueden cruzar.

P. En la pregunta 2.3 mencionas el ambiente como factor que afecta en condiciones naturales. ¿Qué es para ti el ambiente? (Objetivo 2)

R. Pues la condiciones meteorológicas como la temperatura, la humedad o el aire.

Entrevista número 7:

P. Pon un ejemplo en el que se vea que en una población puede haber individuos que no se puedan reproducir entre sí. (Objetivo 2)

R. En una población puede haber todo tipo de animales, por ejemplo un león y un tigre o un ciervo, y todos ellos lo que hacen es competir por el espacio, el alimento, pero se diferencia totalmente de la especie porque los individuos de una especie se pueden reproducir entre ellos y tener descendencia.

P. ¿Qué es una comunidad en ecología? (Objetivo 3)

R. Es un conjunto de individuos, de seres vivos, y todos ellos forman...bueno lo que hacen es trabajar juntos para subsistir, se van ayudando unos a otros.

P. La respuesta a 2.1 en la que pones: " k^n "; 2^{30} ", donde k es el número de semillas al año y n los años, explícamela. (Objetivo 1)

R. Linneo lo que observó es que no era una progresión lineal sino que cada año iba aumentando mucho más que el anterior. Era exponencial. Él lo expresó así matemáticamente.

Entrevista número 30

P. En la pregunta 3 dices que hay tres especies distintas, ya que aunque A y B se reproducen no dan descendencia fértil. En caso de que la descendencia que dieran fuese fértil ¿habría tres especies? (Objetivo 4)

R. No, habría una sola especie; lo único es que estarían separadas por barreras geográficas, A y B si se podrían reproducir por cercanía y, A y C están demasiado separadas y como no hay encuentros entre ellos no se pueden reproducir; pero si cogieras en un laboratorio individuos de la población A y de la población C si darían descendencia y serían de la misma especie pero que están separados por barreras geográficas.

Entrevista número 31

P. En la pregunta 3 me respondes que hay tres especies y dices que, aunque A y B, y B y C se pueden cruzar entre sí eso no quiere decir que tengan descendencia fértil. Tu has supuesto que no tienen descendencia fértil. En caso de que tuvieran descendencia fértil ¿responderías de la misma manera o sería otra la respuesta? (Objetivo 4)

R. Es que yo creo que no puede haber descendencia fértil, porque para que haya descendencia fértil pues tendrán que pertenecer a la misma especie. Yo cuando hice eso pensé que si estos dos se pueden reproducir, y luego A y C no se pueden reproducir es que B y C; que yo pensé que no. Es que no podía haber descendencia fértil, porque si no son de la misma especie..., a mí me salía que había tres especies pero que no tenían descendencia fértil.

Una vez que se transcribieron las respuestas dadas en esta primera fase, se clasificaron según las mismas categorías utilizadas para las encuestas, y posteriormente se procedió a compararlas con las que había dado en la encuesta la misma persona mediante un test apareado no paramétrico de Wilcoxon (Zar 1996).

Las preguntas para la segunda fase de la entrevista fueron las siguientes:

1. Durante tus estudios de Enseñanzas Medias, en la asignatura de Ciencias, Biología-Geología o en CTMA ¿te recomendaron bibliografía especializada?
2. En esas mismas asignaturas ¿realizaste alguna vez trabajos de campo como muestreos, análisis de ecosistemas, etc. (que no excursiones)?
3. ¿Crees que es importante entender el concepto de población en Biología? ¿Por qué?
4. ¿Crees que es importante entender el concepto de especie en Biología? ¿Por qué?
5. ¿Qué dificultad tiene para ti el concepto de población? Descríbela como muy alta, alta, media, baja, o muy baja.
6. ¿Qué dificultad tiene para ti el concepto de especie? Descríbela como muy alta, alta, media, baja, o muy baja.

Con las dos primeras preguntas queríamos comprobar si se corroboraban los datos obtenidos en las encuestas al profesorado de Ciencias y en los libros de texto de esa materia. Con las preguntas tres y cuatro queríamos saber si los alumnos relacionaban los dos conceptos con las diversas disciplinas que forman la Biología. Finalmente, con las preguntas cinco y seis queríamos conocer qué dificultad perciben los alumnos en el aprendizaje de ambos conceptos, y si esta percepción estaba relacionada con la dificultad mostrada en las respuestas dadas en la primera fase de la entrevista.

El análisis estadístico de los datos obtenidos se ha efectuado, dada la naturaleza de los datos, con estadística no paramétrica. Hemos efectuado modelos log-lineares para comparar distribuciones en los que la variable respuesta es un rango y la clasificadora es nominal u ordinal. Por tanto, los modelos usados son, respectivamente, nominal u ordinal logísticos (Agresti, 1996). Pero también hemos empleado tests de contingencia cuando tanto la variable clasificadora como la respuesta son nominales. Finalmente, para comprobar el grado de correlación entre variables ordinales con datos apareados hemos usado la correlación de rangos de Spearman, un modelo estadístico que no precisa de las condiciones de normalidad y homocedasticidad habituales en las correlaciones paramétricas (Zar, 1996).

9.3. Resultados y Discusión

Para facilitar la lectura del documento, discutimos cada pregunta recordando las categorías en que se han tipificado las respuestas al comienzo de cada una.

9.3.1. Diferencia entre individuo y población (pregunta 1.1)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable.

Nivel 1. Mención exclusiva a seres humanos y su población con o sin mención de espacio y/o tiempo.

Nivel 2. El individuo como uno y la población como muchos, sin mención del concepto de especie.

Nivel 3. Se considera el concepto de especie al hablar de la población.

Nivel 4. Nivel 2 y/o Nivel 3 incluyendo las variables de espacio y/o tiempo.

Los resultados en esta pregunta muestran que no hay diferencias significativas entre las respuestas a la encuesta y a la entrevista ($Z=0,55$; $p=0,58$; test de Wilcoxon), algo esperable dado que los alumnos respondieron con seguridad y claridad a esta pregunta en las encuestas previas. Por este motivo, en raras ocasiones se estimó necesario

esclarecer las respuestas. No obstante, se observó una leve mejoría (Tabla 9.2) al aumentar las categorías tres y cuatro en algunos de los casos asociadas indirectamente al contestar a otra pregunta. Así en la entrevista n° 38 se respondía a la encuesta previa diciendo que la población es:

“conjunto de individuos independientes”

y al preguntar por el concepto de comunidad durante la entrevista se contesta de la siguiente forma:

“Puede ser un conjunto de poblaciones. Donde haya diversidad de especies, y que puedan convivir varias poblaciones. Considerando población como un grupo de especie. Población sería un conjunto de especies, de la misma..., a ver, un conjunto de individuos pertenecientes a la misma especie”.

Tabla 9.2. Número de respuestas en cada una de las categorías en las encuestas (antes) y en las entrevistas (después) para la pregunta 1.1. Las mejoras en valoración se resaltan en **negrita.**

Categoría 1.1 antes	Categoría 1.1.después	n (total=82)
0	0	1
2	1	1
2	2	31
2	3	4
2	4	2
3	3	4
4	4	39

9.3.2. Diferencia entre población y especie (Pregunta 1.2)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable.

Nivel 1. Menciones antropomórficas o ligadas al concepto de raza para la población.

Nivel 2. Confusión de especie con reino. Confusión de población con comunidad.

Nivel 3. Definición tipológica (morfológica de especie).

Nivel 4. Especie integrada por varias poblaciones con o sin mención de reproducción.

Nivel 5. Se considera la interfecundidad entre individuos.

Nivel 6. Concepto biológico de especie.

Tampoco en esta pregunta hemos observado diferencias significativas entre las respuestas dadas a la encuesta y a la entrevista ($Z=0,20$; $p=0,84$; test de Wilcoxon) aunque sí se aprecia que, excepto la categoría dos, que tiene el mismo número de respuestas, la cero, la tres, la cinco y la seis han bajado en número de respuestas, mientras que ha subido la número cuatro (Tabla 9.3). Es posible que el solicitar del entrevistado el uso de ejemplos para clarificar las diferencias entre población y especie

haya servido, al menos en algunos casos, para comprender que una especie no siempre equivale a una sola población.

Tabla 9.3. Número de respuestas en cada una de las categorías en las encuestas (antes) y en las entrevistas (después) para la pregunta 1.2. Las mejoras en valoración se resaltan en negrita.

Categoría 1.2 antes	Categoría 1.2 después	n (total=82)
0	4	2
2	2	15
2	3	3
2	4	3
2	5	3
2	6	1
3	2	5
3	3	4
3	4	3
3	5	1
4	2	2
4	4	22
5	2	1
5	4	7
5	5	4
6	2	2
6	4	2
6	6	2

Así, la entrevistada n° 19 diferenciaba de este modo población de especie:

“Especie son una serie de organismos que tienen una características comunes mientras que población son conjunto de individuos con características comunes en distintos ambientes o medios.”

Durante la entrevista se le pidió que explicase con más detalle su respuesta, a lo que contestó de la siguiente forma:

“La especie es un conjunto de organismos que tienen unas características comunes y la población es ya dentro de la especie, un conjunto de individuos de esa especie que están en un ambiente determinado. Una especie puede tener muchos individuos pero los que están cerca de una charca no son los mismos que los que están en una montaña. Son la misma especie pero tienen características comunes debido al ambiente.”

Sin embargo, se han dado casos en los que sus respuestas parecen estar influidas por sus propias vivencias y experiencias, que como manifiestan diversos autores (Driver

et. al, 1989; Pozo et al. 1991; Serrano y Blanco, 1988) afectan a las concepciones de los alumnos. Es el caso de aquellos que consideran que la población está formada por diversas especies. Como ejemplo, a la entrevistada nº 16, que había contestado en la encuesta previa:

“una población es un conjunto de individuos que se interrelacionan entre ellos ocupando un mismo hábitat y en la que pueden existir individuos de distintas especies”

se le solicitó que pusiera ejemplos de que en una población hay distintas especies a lo que contestó:

“...en una población te puedes encontrar con varias especies, por ejemplo de aves, bien con el gorrión, bien con...Entonces en una especie, un gorrión se va a reproducir con una gorriona, así tal cual, pero puede convivir con aves de otras especies como pueden ser las golondrinas.”

Ante estas respuestas habitualmente se les ha pedido la definición de comunidad y la reacción a la pregunta ha sido variable ya que en algunos casos han mantenido el error en el concepto de población como es el que estamos describiendo, que contesta:

“Son distintas poblaciones, pueden ser tanto animal como vegetal y que se relacionan entre sí. Cuando digo distintas poblaciones me refiero a que puede haber distintas especies de aves, distintas especies de vegetales y que todas se interrelacionan entre sí.”

En algunos casos dudan, como en la entrevista nº 11:

P. Pon un ejemplo en el que se vea que una población es un conjunto de especies, tal y como contestas a 1.2.

R. En el bosque se encuentran lobos, zorros, y cada uno de una especie diferente.

P. ¿Y todos ellos forman una población?

R. Sí.

P. ¿Cómo definirías comunidad en ecología?

R. Un conjunto de individuos de la misma...

P. ¿De la misma especie?

R. De la misma especie pero que puede haber diferentes especies.

P. ¿Dentro de la comunidad? ¿Pero entonces qué es? ¿Individuos de la misma o de distinta especie?

R. Individuos de diferente especie.

P. ¿Es lo mismo población que comunidad?

R. ...

P. ¿No lo tienes claro?

R. No.

Otros entrevistados se dan cuenta de su error en el concepto de población y acaban rectificando, tal es el caso de la entrevista nº 35:

P. En la pregunta 1.2 contestas que una población puede estar formada por varias especies. ¿Me puedes poner un ejemplo?

R. Si en una población lo que quería decir era que...en un mismo espacio podían vivir distintas especies interrelacionándose entre si, y esas distintas especies formaban una población. Por ejemplo, el perro, bueno vamos a empezar por abajo, como es la pirámide; el sector primario, los que son los productores, que son los productores que forman el alimento y a su vez son comida por los conejos y los conejos a su vez son comidos por los zorros. Entonces por ahí son distintas especies que forman como una especie de población. Aunque también, ahora que estoy pensando, por ejemplo pueden estar formadas por un... los lince forman distintas poblaciones; por ejemplo aquí en Andalucía que si una tienen en Sierra Morena, que si otra tienen en Doñana, que a su vez forman también distintas poblaciones. Ahora estoy dudando, la verdad.

P. ¿Cuál de esas dos opciones crees tu que es la correcta?

R. Yo creo que va a ser la última.

P. Es decir, ¿que una especie está integrada por diversas poblaciones pero esas son de la misma especie? Lo digo así por el último ejemplo que me has puesto.

R. Si, por el ejemplo que he puesto de los lince así es. A ver, yo tenía la duda de que si esas especies..., una población podían vivir en el mismo hábitat y estar relacionadas entre si, por ejemplo el caso de la pirámide alimentaria, esa de que los zorros se comen a los conejos....pero ahora estoy dudando, la verdad.

P.¿Qué son las comunidades?

R. ...Pues lo que he dicho al principio y ahora al final, ja, ja...

Como se aprecia en los ejemplos anteriores, en las entrevistas se han vuelto a manifestar las confusiones que presentan los alumnos ante diversos conceptos de ecología como comunidad, población o ecosistema observadas anteriormente por otros autores (Adeniyi, 1985; Berzal de Pedrazzini y Barberá, 1993; Develay y Ginsburger-Vogel, 1986). Si bien los resultados no son tan buenos como nos gustaría, si es cierto que, al menos en algunos casos, con el debate establecido durante la entrevista se ha logrado introducir la duda e incluso dar el paso hacia el cambio conceptual. Si en los alumnos alberga la duda sobre lo que han contestado serán conscientes de que quizá posean concepciones erróneas, pero si no es así no lograrán clarificar su comprensión (Baker, 1991).

9.3.3. Cálculos de Linneo (pregunta 2.1)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable.

Nivel 1. Respuestas simples o de contenido matemático.

Nivel 2. Respuestas que reiteren el mismo contenido del texto de la pregunta.

Nivel 3. Se considera la capacidad reproductiva de la planta.

Nivel 4. Se considera la capacidad máxima de reproducción de la planta (potencial biótico o reproductivo).

En esta pregunta, los cambios producidos con la entrevista sí han resultado significativos ($Z=2,03$; $p=0,04$), aunque este cambio se ha debido al peso en la muestra de los alumnos chilenos ($Z=2,36$; $p=0,02$), ya que las diferencias no han sido significativas entre los alumnos españoles ($Z=1,14$; $p=0,25$; test de Wilcoxon). Las modificaciones han sido básicamente por disminución del número de respuestas de las categorías cero y uno y aumento sobre todo de la dos y la cuatro (Tabla 9.4). Estos datos podrían corroborar la explicación inicial que teníamos al analizar las respuestas dadas a la encuesta, de que quizá la manera de formular la pregunta no fuese adecuada, o bien hubiésemos inducido a los alumnos a que dieran contestaciones de contenido matemático al utilizarse el término “cálculo” (Capítulo 3).

Tabla 9.4. Número de respuestas en cada una de las categorías en las encuestas (antes) y en las entrevistas (después) para la pregunta 2.1. Las mejoras en valoración se resaltan en **negrita.**

Categoría 2.1 antes	Categoría 2.1 despues	n (total=82)
0	0	1
0	1	2
0	2	1
0	3	1
0	4	3
1	1	22
1	2	4
1	3	2
1	4	2
2	2	8
3	3	18
3	4	1
4	4	17

Esta hipótesis explicativa en algún caso se ha visto confirmada al indicar el entrevistado que no entendía la pregunta, como en la entrevista n° 57:

P. En la respuesta a 2.1 me hablas que la población cada año se duplica, pero no respondes qué tuvo en cuenta Linneo para llegar a la conclusión de los millones de semillas.

R. No se lo que quieres preguntar, yo creo que fue eso lo que tuvo en cuenta Linneo. El tuvo en cuenta que cada año cada planta tenía dos semillas. Tuvo en cuenta que cada año era el doble la población.

El aumento de la categoría dos en la que se repite el contenido de la pregunta, puede ser debido a la influencia que tienen las actividades propuestas en los libros de texto, en las que el alumno se conforma con repetir el enunciado, opinión que compartimos con Berzal de Pedrazzini y Barberá (1993). También creemos que esta forma de contestar a dicha pregunta puede suponer por parte del entrevistado una manera de no profundizar en la respuesta si no ha entendido el enunciado, a la vez que no declara su falta de comprensión y sin embargo responde quedando bien ante el entrevistador, lo que podría haber sucedido en la entrevista nº 14:

P. La pregunta 2.1 la has dejado en blanco. ¿La podrías contestar?

R. Tuvo en cuenta que si de cada planta producía dos semillas, y de cada semilla se producían otras dos, y la siguiente producía otras dos al cabo de un tiempo iba a tener millones de plantas. De cada una se producía el doble.

Hay casos en los que, al solicitar que expliquen la respuesta dada en la encuesta, mejora notablemente la información que aportan, como ocurre con la entrevista nº 70:

P. A la pregunta 2.1 respondes que los hijos se parecen a los padres. ¿Por qué tuvo en cuenta eso? ¿En qué se parecen a los padres?

R. Tuvo en cuenta que los hijos iban a seguir las mismas reglas que los padres. Si el padre tenía dos descendientes el hijo seguiría teniendo dos descendientes, y no tuvo en cuenta mutaciones, sequías y posibles efectos que cambiaran esa norma matemática.

En otras ocasiones la respuesta a la pregunta que estamos discutiendo se amplía y mejora en otra parte de la entrevista relacionada con la pregunta 2.3, y no en la respuesta dada a la pregunta 2.1 como ocurrió en la entrevista nº 10:

P. ¿Qué quieres decir en la pregunta 2.1 cuando pones “las generaciones que se obtenían de cada planta”?

R. Me refiero a los descendientes que tiene esa planta, a las plantas a las que da lugar.

P. ¿En la pregunta 2.3 que quieres decir con “factores ambientales”? ¿Puedes poner ejemplos?

R. Con que una semilla a lo mejor cae en un lugar en el que no puede germinar porque no son sus condiciones ideales. Me refiero a esos factores, que no son los adecuados para esa planta. Entonces no va a crecer. Linneo tenía aquí en cuenta condiciones ideales que probablemente en la naturaleza no se den.

9.3.4. Factores condicionantes en la naturaleza (pregunta 2.3)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable:

Nivel 1. Visiones antropocéntricas o ecologistas simples:

Nivel 2. Nombra factores bióticos o abióticos (solo de un tipo).

Nivel 3. Nombra factores bióticos y abióticos.

La limitación de espacio determinada por la encuesta previa pudo hacer que algunas personas contestaran de forma abreviada utilizando expresiones como “factores ambientales”, “condiciones ambientales” o “selección natural” que fueron categorizadas en el nivel uno (las dos primeras) o en el nivel cero (la última). En estos casos la entrevista permitió exponer con más detalle qué había bajo esas frases, permitiendo en muchos casos modificar las categorías al nivel tres o al cuatro (Tabla 9.5), lo que supuso cambios estadísticamente significativos ($Z=2,54$; $p=0,01$). Estas modificaciones fueron más patentes entre los alumnos españoles ($Z=2,74$; $p=0,006$) que entre los chilenos ($Z=0,04$; $p=0,97$; test de Wilcoxon).

Tabla 9.5. Número de respuestas en cada una de las categorías en las encuestas (antes) y en las entrevistas (después) para la pregunta 2.3. Las mejoras en valoración se resaltan en negrita.

Categoría 2.3 antes	Categoría 2.3 después	n (total=82)
0	0	1
0	4	4
1	1	4
1	3	1
1	4	5
3	3	16
3	4	5
4	4	46

A continuación vemos algunos ejemplos donde se refleja lo dicho. En la entrevista n° 4, el entrevistado respondió a la encuesta previa diciendo:

“El ambiente, las barreras geográficas.”

mientras que en la entrevista contestó:

P. En la pregunta 2.3 mencionas el ambiente como factor que afecta en condiciones naturales.

¿Qué es para ti el ambiente?

R. Pues la condiciones meteorológicas como la temperatura, la humedad o el aire.

P. ¿Algún otro factor que no fuera condición meteorológica también lo incluirías en el ambiente?

R. No, en lo que es ambiente no.

P. ¿Cómo pueden influir las barreras geográficas en el número de descendientes?

R. Si en una población unos individuos tienen descendencia en un lado y construimos una carretera por ejemplo, si antes podía ir en frente donde hay un río y podían beber agua, y ahora hay una carretera que lo impide o lo dificulta pues no se pueden desarrollar como lo harían antes o no podrían tener descendencia.

Obsérvese que el ejemplo que se utiliza para hacer las preguntas es una planta, mientras que la persona entrevistada responde pensando en un animal.

La entrevistada nº 44 respondió a la encuesta previa:

“Los factores ambientales, las relaciones con el medio.”

Y cuando se le dijo que explicara lo que eran factores ambientales lo hizo de la siguiente forma:

“En el caso de las plantas lo que le permite crecer. Estar en el ambiente les permite crecer o no, pues la cantidad de agua que hay, la cantidad de luz, la temperatura, otros individuos que haya en el medio.”

También se dieron casos, aunque menos, en los que el cambio fue de la categoría tres a la cuatro, como en la entrevista nº 45. En la encuesta previa la respuesta fue:

“La germinación o no de las semillas y las relaciones tróficas.”

Cuando se le realizó la entrevista, se le preguntó qué factores harían que germinaran o no las semillas, y contestó:

“La humedad, el suelo, la forma de trasladarse ellas, los factores, la luz, todo eso.”

En esta pregunta también hemos intentado averiguar qué entienden los alumnos por “factores o condiciones ambientales”, aprovechando que el 40,2% de los entrevistados incluyeron en las encuestas previas dichas expresiones en la respuesta, acompañadas o no de ejemplos. Las categorías utilizadas han sido:

No: no se menciona la expresión “factores ambientales” o “condiciones ambientales”.

Si: si se menciona únicamente la expresión.

Si las dos: se menciona la expresión y hay ejemplos de ambos tipos de factores.

Si y ej: se menciona la expresión y va acompañada de ejemplos de factores abióticos.

Antes de la entrevista se observó que eran pocos los que, al poner ejemplos de factores ambientales, incluían factores bióticos y abióticos, siendo mayor el número de

alumnos que ponían solo ejemplos de factores abióticos, sobre todo relacionados con la climatología. Esta tendencia, observada también al analizar las encuestas (Capítulo 3), hemos querido investigarla a través de las entrevistas, encontrando que, tras ellas, el número de personas que pone ejemplos de ambos factores es aproximadamente el mismo que el de aquellas que sólo ponen ejemplos de factores abióticos (Tabla 9.6), por lo que ha habido una diferencia significativa respecto a las encuestas previas ($\chi^2=40,18$; g.l.=3; $p<0,0001$; test de contingencia). A continuación ponemos respuestas tanto de un tipo como de otro.

Tabla 9.6. Número de respuestas en cada una de las categorías en las encuestas (antes) y en las entrevistas (después) para analizar qué se entiende por factores ambientales. Las mejoras en valoración se resaltan en negrita.

Antes	Después	n (total=82)
no	no	43
no	si las dos	4
no	si y ej	2
si	si	2
si	si las dos	12
si	si y ej	7
si las dos	si las dos	1
si y ej	si las dos	2
si y ej	si y ej	9

Algunas entrevistas incluyen sólo factores atmosféricos o climatológicos, como la nº 4:

P. En la pregunta 2.3 mencionas el ambiente como factor que afecta en condiciones naturales. ¿Qué es para ti el ambiente?

R. Pues la condiciones meteorológicas como la temperatura, la humedad o el aire.

P. ¿Algún otro factor que no fuera condición meteorológica también lo incluirías en el ambiente? ¿o unos individuos?

R. No, en lo que es ambiente no.

Para la entrevistada nº 29, el factor ambiental es además un tipo de factor abiótico:

R. Una serie de condiciones climáticas que se dan, que puede ser beneficioso o perjudicial para las especies e influye en que se puedan reproducir más o menos.

P. ¿Serían factores ambientales igual a factores abióticos?

R. Factor ambiental sería el clima; sería un factor abiótico.

En otros casos se incluyen ambos factores, como en la n° 40:

P. ¿Qué son las condiciones ambientales?

R. Las condiciones necesarias para que la planta pueda salir adelante. Alimentación, clima, luz solar.

P. ¿Básicamente factores abióticos?

R. No, también bióticos.

P. ¿Por ejemplo?

R. Enfermedades, por ejemplo, que pueden hacer que la planta no salga adelante, condiciones genéticas o..., puede que una malformación impida que salga adelante.

En la entrevista n° 42 se incluyen también los bióticos, especificándose en este caso el herbivorismo:

P. En la pregunta 2.3 dices que “deben darse las condiciones ambientales apropiadas para la germinación de estas”. ¿Qué son para ti las condiciones ambientales?

R. Por ejemplo que no haya un año de sequía que no pudieran germinar de ninguna manera, o que se diera una recolección, que ya no serían condiciones ambientales pero sería un factor también importante, que hubiera una recolección intensiva que no...y que acabaran con esa especie. Me refería a factores que no tuvieran que ver con la propia genética de esa planta, factores externos a ella.

P. ¿Factores externos de tipo abiótico?

R. Si, y biótico también, una plaga por ejemplo, una plaga de insectos que se coman la planta.

Nos ha llamado la atención que, en la entrevista n° 1, a pesar de que incluye factores bióticos y abióticos como factores ambientales, para el caso de la planta no incluye los bióticos:

P. ¿Incluirías en los factores ambientales la depredación y los parásitos que has puesto ahí?

R. En el caso de la planta creo que no. En ese caso concreto no. Podríamos separar los factores ambientales en abióticos los que no son dependientes de otros seres vivos, y los bióticos.

Mientras que en la n° 13 se incluyen a ambos factores, pero curiosamente la entrevistada habla de “lo que está en el entorno del animal”:

“Todo lo que está en torno del animal, la climatología, el frío, el calor, la forma de alimentarse, el entorno en el que esté. Y también los individuos que hay en torno al individuo problema, porque podía haber competencia intraespecífica e interespecífica”.

Estas dos entrevistas nos hacen pensar en la posibilidad de que los factores o condiciones ambientales puedan ser considerados de diferente forma según el alumno esté pensando en animal o en vegetal.

Esta hipótesis podría ser un punto de partida para futuras investigaciones, en la misma línea del denominado “plant blindness” (Wandersee y Schussler, 2001). Estos autores han estudiado como los estudiantes desde la educación primaria tienden a caracterizar a todos los animales como mamíferos, quedando el mundo vegetal relegado a un plano inferior. Igualmente al estudiar los componentes de los ecosistemas, los vegetales aparecen como un elemento estático, similar al fondo de un paisaje, y olvidando su esencial papel de productores (Barker, 1995).

Factores como el sexo y la cultura de origen parecen mediar, en ocasiones, en estas diferencias de apreciación entre animales y plantas (Wandersee, 1986; Stavy y Wax, 1989).

Diversas actividades de enseñanza, con particular énfasis en la manipulación y clasificación de especímenes vegetales, visitas al campo, jardines botánicos o invernaderos, han sido propuestas para superar estos problemas (Tunncliffe, 2001).

9.3.5. Razonamiento para explicar el número de especies (pregunta 3)

Nivel 0. No contesta o contestación no clasificable:

Nivel 1. Identifica población con comunidad:

Nivel 2. Especie igual a población:

Nivel 3. Concepto morfológico-tipológico de especie:

Nivel 4. Se considera la reproducción e interfecundidad entre individuos:

Nivel 5. Concepto biológico de especie:

En esta pregunta, la discusión entablada durante la entrevista ha mostrado ser una herramienta adecuada para provocar el cambio conceptual (Tabla 9.7), pues los datos indican que las categorías cero, uno y dos han disminuido a favor de la cuatro y sobre todo de la cinco, que ha pasado de tener el 15,9% de respuestas a acumular casi la mitad (47,6%), observándose además que estos cambios son estadísticamente significativos tanto para el total ($Z=5,70$; $p<0,0001$) como para cada grupo por separado (alumnado español: $Z=4,79$; $p<0,0001$; alumnado chileno: $Z=3,44$; $p=0,0006$; test de Wilcoxon).

Tabla 9.7. Número de respuestas en cada una de las categorías en las encuestas (antes) y en las entrevistas (después) para la pregunta 3. Las mejoras en valoración se resaltan en negrita.

Categoría 3 antes	Categoría 3 después	n (total=82)
0	1	1
0	3	1
0	4	8
0	5	7
1	1	9
1	4	4
1	5	2
2	2	3
2	4	6
2	5	5
3	4	1
4	4	10
4	5	12
5	5	13

La entrevista ha permitido en muchos casos, sobre todo para los de la categoría cero, con frecuencia no razonados o no contestados, determinar unas condiciones que inicialmente no estuviesen en la mente del entrevistado o en la mente de los que estábamos categorizando las respuestas, por lo que de esta forma se pudo establecer el cambio. Esto podría estar en consonancia con la opinión de Stipcich y Massa (1997), que constatan que los estudiantes no tienen la misma percepción que sus profesores sobre las dificultades que una situación sea problemática. Así en la encuesta previa, el entrevistado nº 1 indica:

“Realmente habría una sola especie, sólo con los datos disponibles (sin saber el por qué de que A y C no se puedan cruzar, y las distancias genéticas entre las poblaciones)”.

Pero, durante la entrevista, el alumno detalla su punto de vista:

P. ¿La respuesta sería diferente si tú supieras las causas de que A y C no se puedan cruzar?

R. Podría serlo

P. Ponme ejemplos de causas en las cuales cambiarías la respuesta.

R. A priori no sabes el motivo. Podría ser el motivo meramente fisiológico, puede ser que no coincidan en el tiempo. No se especifica. Puede ser un caso de deriva genética, pueden ser dos poblaciones que se mezclan o una que se está separando. Son cosas que no se dicen y entonces puede tenerse en cuenta.

P. Realmente el por qué de que sea una misma especie no me lo especificas. ¿Por qué solo una especie?

R. Yo creo que es una sola especie, porque si fueran más especies debería haber otra mezcla; bueno, salvo factores de aislamiento geográfico que tampoco se especifican. Si A y B se mezclan, B y C también, pero A y C no para mi es un gradiente de diversificación genética que en los extremos llega a un punto en que no se pueden cruzar. Es que no veo que pueda haber ahí más especies ahora mismo.

Una situación similar se ha dado también para respuestas pertenecientes a categorías superiores, como ocurre en la entrevista n° 30, en cuya encuesta previa se dice:

“Hay tres especies de aves distintas ya que aunque A y B se reproducen, no dan descendencia fértil, por lo que son especies distintas...”

Al preguntarle por la contestación que daría si la descendencia fuese fértil, la respuesta fue:

“Habría una sola especie; lo único es que estarían separadas por barreras geográficas, A y B si se podrían reproducir por cercanía y, A y C están demasiado separadas y como no hay encuentros entre ellos no se pueden reproducir; pero si cogieras en un laboratorio individuos de la población A y de la población C si darían descendencia y serían de la misma especie pero que están separados por barreras geográficas”.

En este caso es posible, aunque lo desconocemos, que el alumno tuviese clara la respuesta si se le hubiese aportado el dato en cuestión, por lo que verdaderamente no se habría logrado un cambio conceptual.

Como ya indicamos en la discusión de las encuestas, la dificultad de la pregunta tercera se podía “salvar” también sin razonar la respuesta, o bien considerando que la población intermedia estaba formada por especies de las poblaciones A y C. Las respuestas pertenecientes a este razonamiento (categoría uno) también han manifestado cambios hacia las categorías cuatro y cinco, tal y como se muestra en los casos que se exponen a continuación.

La entrevistada n° 35, en la encuesta previa respondió que:

“Habría tres especies y que en la población B había tanto de la A como de la C, dando lugar a individuos de la población B híbridos”.

Durante la entrevista se da cuenta del error de incluir en la misma población a varias especies, y rectifica argumentando que, si los de la población B se pueden reproducir con los de A y con los de C, lo hacen pero la descendencia que dan no es

fértil, argumento ya utilizado en otras ocasiones como se ha visto anteriormente, por lo que se cambia a la categoría nº cuatro:

R. Aunque haya puesto que hay tres especies puede que haya dos, la especie A y la especie C.

P. ¿Por qué dos especies?

R. Porque la población A se puede cruzar con la B y la población A no se puede cruzar con la C. Yo creo que la población A es una especie y la población C es otra especie. Porque como no se pueden cruzar entre si son especies distintas; y luego la población B a su vez está compuesta por individuos de la A y de la C, pero claro si es una población son individuos de la misma especie...que no cuadra...

P. Entonces ¿cómo podrías explicar que la población B pudiera reproducirse con A y con C pero estas no pudieran cruzarse entre si?

R. Con este ejemplo se me viene a la cabeza el ejemplo de que si se cruza un caballo con un burro pues da un mulo que no es...es otra especie distinta pero que no es fértil; entonces eso puede explicar por qué A se puede cruzar con B; que B sería el mulo y A podría ser el caballo, y por qué B a su vez se puede cruzar con C, pero a su vez A y C no se pueden cruzar.

La entrevistada nº 59 indica en la encuesta sobre el número de especies que hay implicadas que:

“No lo podemos saber porque las poblaciones pueden estar formadas por varias especies”

Como en la primera pregunta cambia la definición de población, en la tercera pregunta cambia el razonamiento de la siguiente forma:

“Creo que dos porque si la especie A se puede cruzar con la B significa que son de la misma especie y que los embriones van a término; y si la B se puede cruzar con la C lo mismo, pero si la A no se puede cruzar con la C creo yo que habría dos especies. Quizá con distintas variantes, subespecies que puedan cruzarse entre si pero lo que es especie en sentido genético dos”.

Según este razonamiento la respuesta habría que categorizarla como cuatro, sin embargo más adelante se cambia a cinco tras ver las respuestas que da en el curso de la entrevista. Al preguntarle sobre el flujo genético que menciona en la respuesta a 3.3:

P. En la pregunta 3.3 dices “tampoco lo podríamos saber por no conocer cuántas especies hay en cada población, pero se perdería el flujo genético que proporcionase la población B que era intermedia de A y C”. ¿Para qué es importante el flujo genético de la población B?

R. Porque actúa como intermediario entre la A y la C, entonces se podrían transmitir los genes de la población A a la C.

Y para averiguar si conoce alguna posibilidad como la descrita en la pregunta, similar en la naturaleza menciona el aislamiento geográfico:

P. ¿Cómo explicas que B se pueda cruzar con A y C pero estos no lo puedan hacer entre si? ¿Crees que eso se da en la naturaleza?

R. Creo que si pero el por qué lo estoy pensando pero no encuentro la respuesta.

P. ¿Cómo es posible que en tres poblaciones, haya una que se pueda cruzar con las otras dos, que serían la A y C y que estas no lo hagan?

R. Un impedimento geográfico a lo mejor. Que estuvieran en sitios diferentes y la población B estuviera más próxima a una y a otra y pudiera intercambiarse con ellas, y sin embargo entre A y C por una barrera geográfica o por las características de la población o lo que sea, no se pueden cruzar. Impedimentos a lo mejor físicos y ya no se yo si de otro tipo.

Y al final concluye:

“Es una misma especie con poblaciones distintas en distintos lados y por cuestiones geográficas la población A no puede cruzarse con la C y la B está en un punto intermedio o algo que pueda hacer de nexo entre la A y la C pero sin embargo son todas de la misma especie.”

Además de conocer los cambios que ha habido tras la entrevista, ésta nos ha proporcionado información adicional también de gran interés para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos población y especie. Por ejemplo, hemos querido comprobar si existe relación entre el tipo de respuesta dada en esta pregunta y la mención de algún tipo de aislamiento reproductivo, encontrando que las respuestas categorizadas como cuatro y cinco acumulan el mayor número de menciones de aislamiento (Wald $\chi^2=38,88$; g.l.=4; $p<0,0001$; ajuste nominal logístico). Creemos pues que puede ser interesante al hablar de poblaciones y especies que también se hable de los mecanismos de aislamiento y de la influencia que tienen en la aparición de nuevas especies, pues podría ayudar a la resolución de cuestiones prácticas en las que se tienen que aplicar ambos conceptos. De todos los aislamientos mencionados en las entrevistas el que aparece con más frecuencia es el geográfico, que se ha indicado en el 81,8% de los casos, siguiéndole el aislamiento temporal y el etológico con 20,4% y 9,1% respectivamente. Estos resultados se podrían explicar pensando que es más fácil para el alumnado apreciar un aislamiento por motivo geográfico que por otros no tan aparentes como la incompatibilidad gamética o etológica.

En la misma línea, también hemos investigado si las respuestas de las categorías superiores se correspondían con mayor frecuencia de mención de la especiación, siguiendo también en este caso una estrecha relación (Wald $\chi^2=50,42$; g.l.=4; $p<0,0001$;

ajuste nominal logístico) como cabía esperar. También sería esperable que muchos de los que han mencionado los aislamientos como causa de que los miembros de las poblaciones A y C no puedan reproducirse, comentaran la posibilidad de especiación, lo que así ha sucedido como muestran los resultados ($\chi^2=30,88$; g.l.=1; $p<0,0001$; test de contingencia).

Otra causa que se ha apuntado en algunas de las entrevistas (12,2%) para explicar ese hecho ha sido el que surgiera alguna mutación que hiciera incompatibles a los individuos de las poblaciones, tal como señala la entrevistada nº 29:

“En una misma especie puede ocurrir que existan mutaciones que hagan que un individuo no se pueda..., o sea, pueden existir mutaciones y que la selección natural haga que ya este individuo no se pueda reproducir con los de su misma especie.”

A algunas de las personas que mencionaron la posibilidad de que se estuviera describiendo un proceso de especiación en la pregunta 3.3, se les solicitó que explicasen si el paso de una especie a dos ocurriría de forma gradual o si por el contrario al desaparecer la población B en ese mismo momento ya había dos especies. Fueron pocas las que contestaron de la segunda forma (8%), argumentando que al desaparecer la población que de alguna forma mantenía ese flujo ya no había conexión entre las poblaciones A y C. Esto se ve, por ejemplo, en la entrevista nº 2:

P. En la encuesta a la pregunta 3.3 me contestas “dos, porque se aislarían A y C reproductivamente siendo cada vez más diferentes”. Inicialmente en la pregunta 3.1 contestas que hay una especie. ¿Desde el primer momento en el que desaparece B habría ya dos especies?

R. Sí, porque no podrían reproducirse entre si y serían especies distintas.

Lo más frecuente fue comentar que se trataba de un proceso gradual, tal y como se ve en la entrevista nº 16:

P. En la pregunta 3.3 me dices que después de desaparecer B habría dos especies. ¿Serían dos especies desde el momento en el que desaparece esa población?

R. Técnicamente si serían dos especies porque desde ese momento no habría intercambio entre ellas al desaparecer el nexo que había. En todo caso puede haber individuos que tengan una mezcla entre ellas dos que hace que hubiera ese intercambio, pero con el paso del tiempo se irán perdiendo ese tipo de individuos mezcla pues serían dos tipos de especies.

9.3.6. La dificultad e importancia de los conceptos de población y especie a través de las encuestas

En la segunda fase de la entrevista, en la que todos los alumnos coincidieron sobre la importancia de ambos conceptos, se observó que, al explicar los argumentos para darle tal importancia, los relacionaban con diversas disciplinas de la biología o con todas. Para el concepto de población sólo el 23,2% no mencionaron ninguna disciplina, mientras que en el resto se mencionaban genética y ecología (30,5%), otras disciplinas (1,2%) o se hablaba de su relación con todas (45,1%). En el caso del concepto de especie, el porcentaje que no mencionaba ninguna disciplina fue igual que para el de población, y el resto de las respuestas se repartió entre los que lo relacionaban con todas (42,7%), con la mayoría (2,4%) o con genética, ecología y taxonomía (31,7%).

La dificultad que aprecian los alumnos para el concepto de población es con mayor frecuencia media (50% de las respuestas), mientras que son pocos los que encuentran dificultad alta (14,6%) o muy alta (2,4%). El concepto de especie tiene una dificultad alta para el 21,9% mientras que ninguna persona menciona que tenga dificultad muy alta, siendo la dificultad media la más frecuente con el 41,5% de las respuestas. La dificultad con la que los alumnos aprecian ambos conceptos está fuertemente correlacionada ($r_s=0,35$; $n=82$; $p=0,0013$; correlación de rangos de Spearman), es decir, los alumnos que consideran difícil el concepto de población también consideran difícil el de especie, y al revés. Es notorio que la percepción que tienen los alumnos sobre la dificultad de ambos conceptos sea parecida a la que tiene el profesorado de secundaria (Jiménez Tejada et al., 2008a y c).

Una vez conocido si los alumnos percibían mayor o menor dificultad en ambos conceptos, quisimos averiguar si esa percepción de alguna forma estaba relacionada con las contestaciones que dieron a las preguntas del primer y tercer bloque. Encontramos que había correlación entre la dificultad del concepto de población con la pregunta 1.1 ($r_s=-0,27$; $n=82$; $p=0,0136$) y también con la pregunta 3 ($r_s=-0,30$; $n=82$; $p=0,0061$), es decir, los alumnos que dan mejores respuestas a ambas preguntas son los que aprecian menos dificultad en el concepto de población. Pero esta tendencia no existe para la dificultad del concepto de especie y las preguntas 1.2 ($r_s=0,0674$; $n=82$; $p=0,55$) y 3 ($r_s=-0,0256$; $n=82$; $p=0,82$; correlación de rangos de Spearman). Nos preguntamos si ese diferente comportamiento está influenciado por la información que recibe el alumnado no sólo a través de sus profesores, que parecen apreciar mayor dificultad en el de especie que en el de población (Jiménez Tejada et al., 2008a y c), sino también a través

de los textos pues, aunque en un porcentaje bajo, en los de ciencias aparece mencionada la dificultad del concepto de especie (Capítulo 3) mientras que sobre la dificultad del concepto de población no se hace mención en ellos.

Por último, comentar que las respuestas dadas por el alumnado, respecto a la recomendación de bibliografía y al uso de trabajos de campo en las asignaturas de ciencias durante sus estudios en el instituto, fueron similares a las que nos dio el profesorado (Jiménez Tejada et al., 2008a y c) ya que lo más frecuente es que no se hicieran (87,8% y 85,4% respectivamente). Sin embargo, ambas herramientas han demostrado ser útiles para el aprendizaje pues, por un lado, el uso de la información bibliográfica ayuda a la adquisición de conceptos científicos al obligar a los alumnos a aprender a su propio ritmo utilizando sus propias capacidades (Özkan et al. 2004), y por otro, los trabajos de campo permiten una mayor motivación de los alumnos y unos buenos resultados en el aprendizaje (Magntorn y Helldén, 2007).

9.4. Conclusiones

Los resultados obtenidos tras las entrevistas son alentadores, ya que el uso del debate puede ser interesante para provocar un cambio conceptual en los alumnos, en la medida en que promueve la detección de dificultades de comprensión en los propios alumnos. Estos suelen calibrar defectuosamente su propia comprensión (Glenberg y Epstein, 1985; Campanario, 1995d) y con frecuencia “no se enteran de que no se enteran” (Campanario, 1995a; Campanario et al., 1997; Campanario y Otero, 2000a) lo que les impide controlar su propia comprensión.

La entrevista se ha mostrado como una buena estrategia metacognitiva para facilitar que los alumnos detecten sus propias dificultades de aprendizaje. Dada la importancia que se concede actualmente a la metacognición para provocar el cambio conceptual (Campanario, 2002b) resulta esencial que el profesorado universitario sea formado en el uso de técnicas que desarrollen las capacidades metacognitivas de los estudiantes, para su uso tanto en el aula como en las tutorías que realiza. Algunas de estas estrategias se pueden consultar en diversos artículos de Campanario (2001a, b, 2003) y también su página web. Sin embargo no podemos obviar que mantenemos la duda de si a largo plazo el cambio provocado se mantendrá. Por ello creemos oportuno que el uso del debate, aunque interesante, debería ser el complemento de otras actuaciones educativas que refuerzan la mejora a más largo plazo.

Conclusiones e implicaciones para la enseñanza

La investigación en el campo de la didáctica de la biología ha dedicado numerosos esfuerzos a la comprensión del tema evolutivo, en definitiva al cambio en poblaciones y especies. Nos resulta sorprendente, como indicábamos en la justificación de este trabajo, la menor importancia dada a la problemática de estos dos conceptos. Dualde, ya en 1976, llamaba la atención: “Quizás llevados por el señuelo siempre atrayente de lo nuevo, nos estemos olvidando de ramas de la biología que, no por clasicismo, deban ser abandonadas como algo inútil”. De tal reflexión, nos surge una cuestión inquietante: ¿No es pretencioso comprender cómo se produce el cambio sin conocer qué cambia?

Toda investigación, y en particular la educativa, debe ser conocedora de las limitaciones que imponen sus instrumentos y características de estudio. Estas limitaciones restringen la posibilidad de generalizar sus conclusiones, y de ello somos particularmente conscientes. De nuestras diversas muestras de estudio, queremos ser críticos con la población de profesores universitarios, ya fue señalada la dificultad para cubrir una muestra mayor. En los instrumentos diseñados para el trabajo sería conveniente reiterar la importancia que tiene la entrevista para matizar los datos de los cuestionarios escritos. Tampoco hemos de obviar la necesidad del seguimiento de la legislación educativa, tan acostumbrada al cambio en nuestro país, pero de cuyos descriptores hemos comprobado que los textos en ocasiones hacen caso omiso.

La enseñanza y el aprendizaje podría compararse a un circuito de retroalimentación en el que, si se mejora alguno de sus componentes, el conjunto se verá beneficiado a lo largo del tiempo. En nuestro caso particular los componentes del circuito que hemos abordado han sido profesores y textos universitarios y no universitarios, y alumnos de nivel universitario.

Las siguientes conclusiones pretenden resumir y matizar las indicadas en capítulos anteriores y son, dentro de sus limitaciones, recomendaciones que pueden afectar positivamente a este circuito de retroalimentación y pueden servir a la enseñanza y aprendizaje de la biología.

1. Las concepciones erróneas no son exclusivas del alumnado de secundaria y bachillerato, sino que también aparecen en el universitario. Estas concepciones deben ser el punto de partida para que el profesorado universitario reflexione sobre su forma de afrontar la docencia y para una cooperación con el profesorado de Ciencias de la Educación. Así, el profesorado universitario podría tomar conciencia de la utilidad de las tutorías para desarrollar sus posibilidades de evaluación, que no calificación, a través del uso de entrevistas en profundidad para abordar las concepciones erróneas puestas de manifiesto en esta investigación.

2. Los manuales especializados son libros que consultan tanto el alumnado universitario como el profesorado de secundaria y los autores de libros de texto. Por tanto, se hace imprescindible que ofrezcan una visión completa de la disciplina que no contribuya a mantener o generar ideas alternativas. Un glosario bien elaborado y con los términos básicos puede suplir las carencias presentes en otros capítulos y también en los alumnos. De poco sirve incluir los últimos resultados de la investigación más puntera si se olvidan los más básicos.

3. Los libros de texto, de uso tan extendido entre el profesorado, deben servir para presentar a las disciplinas de forma no atomizada. Una posibilidad consiste en incluir un mismo mapa conceptual introductorio en los temas que están relacionados. Otra reside en repasar en ellos los términos que los enlazan. La propuesta de experiencias en los textos que puedan adaptarse al propio centro educativo, y que se puedan realizar en el huerto escolar o en parques de la localidad, disminuirá los inconvenientes de los trabajos de campo y beneficiará a la enseñanza y aprendizaje de la biología en general, y de la población y especie en particular. La recomendación de bibliografía de diverso tipo también puede ser enriquecedora para el aprendizaje. La recomendación de páginas web en las que se presentan diversos recursos educativos como las simulaciones por ordenador puede ser especialmente motivadora para el alumnado. Si todas estas propuestas están presentes en los libros de texto facilitarán la labor del docente, y posiblemente serán tenidas en cuenta y se llevarán a cabo, al menos por algunos de ellos.

4. El concepto de población puede ser empleado como eje conector de disciplinas. El uso en Estadística de ejemplos y actividades en los que la población y la muestra sean

con mayor frecuencia diversos seres vivos, o los ejemplos y actividades en los que se compare la población humana con otras de diferentes seres vivos tanto en la Biología como en las Ciencias Sociales, son posibles caminos para trabajar de forma interdisciplinar y ofrecer una perspectiva no parcelada y más práctica del conocimiento. De igual modo, el concepto de especie puede ser la base para un estudio interdisciplinar y longitudinal de caso en la progresión de los estudiantes del futuro grado de Biología.

5. Los errores que, con reiteración, aparecen en los libros de texto y los medios de comunicación, y que contribuyen a la aparición de ideas alternativas en el alumnado, pueden ser aprovechados como recurso didáctico. Esta propuesta puede ser aplicada a los conceptos de población y especie, en particular en todas aquellas noticias que inciden en casos de protección de la biodiversidad.

6. Estamos convencidos que no son tan importantes los nuevos contenidos como las nuevas formas de enseñar (González, 2001). Los resultados de esta investigación han de servir para la elaboración de recursos que recojan las diversas propuestas incluidas en las conclusiones y la posterior verificación de su utilidad. Será interesante diseñar actividades y pequeños trabajos de investigación que se puedan realizar en el contexto educativo, y que supongan la implicación de diversas disciplinas, utilizando como núcleo el estudio de las especies y las poblaciones.

7. Actualmente hemos diseñado un juego de simulación por ordenador en el que se trabaja con poblaciones con cierto grado de diversidad y que se enfrentan a lo largo de generaciones a cambios ambientales. En etapas futuras conoceremos hasta qué punto es eficaz dicho recurso.

Bibliografía

- Acot, P. 1990. *Historia de la Ecología*. Taurus, Madrid.
- Adeniyi, E. O. 1985. Misconceptions of selected ecological concepts held by some Nigerian students. *Journal of Biological Education*, 19, 311-316.
- Agresti, A. 1996. *An introduction to categorical data analysis*. John Wiley & Sons, New York, Estados Unidos.
- Andreu, M. J. 1996. Dificultades en la enseñanza de la evolución biológica. (<http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS32/evolucion.html>).
- Andrewartha, H. G. y Birch, L. 1954. *The distribution and abundance of animals*. Chicago University Press, Chicago, Estados Unidos.
- Andrewartha, H. G. y Birch, L. C. 1984. *The ecological web: more on the distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press, Chicago, Estados Unidos.
- Arnal, J.; del Rincón, D. y Latorre, A. 1992. *Investigación Educativa. Fundamentos y metodología*. Labor, Barcelona.
- Atran, S. 1985. *The early history of the species concept: an anthropological reading, en Histoire du concept d'espèce dans les sciences de la vie*. Éditions de la Fondation Singer-Polignac, Paris, Francia.
- Ayuso, E. G. 2000. *La enseñanza de la herencia biológica y la evolución de los seres vivos. Fundamentación, planificación, aplicación y evaluación de una propuesta didáctica para la Educación Secundaria Obligatoria*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia, Murcia.
- Ayuso, E. G. y Banet, E. 1998. Relaciones Genética-Evolución en la educación secundaria. Concepciones de los alumnos y actividades de enseñanza en el marco del constructivismo. *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, vol II, págs. 43-54. Murcia.
- Ayuso, E. G. y Banet, E. 2002. "Pienso más como Lamarck que como Darwin": comprender la herencia biológica para entender la evolución. *Alambique*, 32, 39-47.
- Baguette, M. y Stevens, V. M. 2003. Local populations and metapopulations are both natural and operational categories. *Oikos*, 101, 661-663.
- Baker, L. 1991. Metacognition, reading and science education. En Santa, C. M. y Alvermann, D. (eds.) *Science learning: processes and applications*. International Reading Association, Newsdale, Delaware, Estados Unidos.
- Barberá, O. 1994. Historia del concepto de especie en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 417-430.
- Barker, M. 1995. A plant is an animal standing on its head. *Journal of Biological Education*, 29, 203-208.
- Barras, R. 1984. Some misconceptions and misunderstanding perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*, 18, 201-206.
- Begon, M.; Harper, J. L. y Townsed, C. R. 1988. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Omega, Barcelona.
- Bergson, H. 1911. *L'évolution créatrice*. Alcan, Paris, Francia (trad. esp.: *La evolución creadora*, Espasa Calpe, Madrid, 1973).
- Berryman, A. A. 1981. *Population systems: a general introduction*. Plenum Press, London, Reino Unido.
- Berryman, A. A. 1999. *Principles of population dynamics and their application*. Stanley Thornes, Cheltenham, Reino Unido.
- Berryman, A. A. 2002. Population: a central concept for ecology? *Oikos* 97: 439-442.
- Berzal de Pedrazzini, M. 2001. *El concepto biológico de población y su campo conceptual en la educación secundaria*. Tesis doctoral, Universidad de Valencia, Valencia.

- Berzal de Pedrazzini, M. y Barberá, O. 1993. Ideas sobre el concepto biológico de población. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 149-159.
- Bishop, B. A. y Anderson, C. W. 1986. Evolution by Natural Selection: a teaching module. *Occasional paper*, 91. Institute for Research on Teaching, Michigan State University, EEUU.
- Bishop, B. A. y Anderson, C. W. 1990. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.
- Blackwell, W. H., Powell, M. J. y Dukes, G. H. 2003. The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*, 37, 58-67.
- Borrego Aguayo, M. J.; García de las Heras R.; Guede Simon, B.; Menéndez Corrales, E. y Pacheco Castela, F. 1995. La utilización de textos históricos en la enseñanza de la biología: un ejemplo aplicado al origen de los seres vivos. *Alambique*, 6, 129-132.
- Bowler, P. J. 1985. *El eclipse del darwinismo*. Labor, Barcelona.
- Bradley, J. V. 2001. Evolutionary model can represent the culture of biology. *The American Biology Teacher*, 63, 399-399.
- Brero Peinado, V. B. 1997. *Los conceptos relacionados con la ecología en la enseñanza básica. Análisis y estudio didácticos*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.
- Bromham, L. y Oprandi, P. 2006. Evolution on line: using a virtual learning environment to develop active learning in undergraduates. *Journal of Biological Education*, 41, 21-25.
- Bromham, L. y Oprandi, P. 2006. Evolution online: using a virtual learning environment to develop active learning in undergraduates. *Journal of Biological Education*, 41, 21-25.
- Brumby, M. N. 1979. Problem in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13, 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. 1987. *La importancia de la educación*. Paidós, Barcelona.
- Calatayud, M. L. y Gil, D. 1993. La preparación docente del profesorado de Facultades de Ciencias: una necesidad emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, Extra 35-36.
- Campanario, J. M. 1995a. Los problemas crecen: a veces los alumnos no se enteran de que no se enteran. *Aspectos didácticos de Física y Química (Física)* 6, 87-126. ICE, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Campanario, J. M. 1995b. Concepciones erróneas en el área de Mecánica de varios grupos de estudiantes universitarios nicaragüenses. *Ponencia presentada en las I Jornadas Hispánicoaragüenses de Física*, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua/León, Nicaragua.
- Campanario, J. M. 2001a. Algunas propuestas para el uso alternativo de los mapas conceptuales y los esquemas como instrumentos metacognitivos. *Alambique*, 28, 31-38.
- Campanario, J. M. 2001b. ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como este? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 351-364.
- Campanario, J. M. 2002a. Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 315-325.
- Campanario, J. M. 2002b. Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la Didáctica de las Ciencias. (<http://www.uah.es/otrosweb/jmc/>).
- Campanario, J. M. 2003. De la necesidad virtud: cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 161-172.
- Campanario, J. M. y Otero, J. C. 2000a. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de

- pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-169.
- Campanario, J. M., Cuerva, J., Moya, A. y Otero, J. C. 1997. La metacognición y el aprendizaje de las ciencias. En: *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias (vol I)*, Editorial Diego Marín: Murcia.
- Camus, P. A. y Lima, M. 2002. Populations, metapopulations and the open-closed dilemma: the conflict between operational and natural populations concepts. *Oikos*, 97, 433-438.
- Carlsson, B. 2002. Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 24, 681-699.
- Carniatto, I. y Fossa, A. M. 1998. La creencia docente y los obstáculos epistemológicos. Una investigación con profesores del curso de ciencias biológicas. En: Banet, E. y de Pro, A. (eds.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias (1)*, 196-203. DM, Murcia.
- Carrick, T. 1982. More new textbook for first examinations in Biology. *Journal of Biological Education*, 16 (4), 253-264.
- Chitty, D. 1960. Population processes in the vole and their relevance to general theory. *Canadian Journal of Zoology*. 38, 99-113
- Clough, E. E. y Wood-Robinson, C. 1985. How secondary students interpret instances biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19, 126-130.
- Colinvaux, P. 1993. *Ecology*. Wiley, New York, Estados Unidos.
- Consejo de Universidades. 1994. *Programa experimental de evaluación de la calidad del sistema universitario*. C. U. Madrid.
- Cook, L. M. 1993. HUNT: a simulation of predator searching behaviour. *Journal of Biological Education*, 27, 287-290.
- Cowen, R. K., Lwiza, K. M. M., Sponaule, S., Paris, C. y Olson, D. 2000. Connectivity of marine populations: open or closed? *Science*, 287: 857-859.
- Cruz Tomé, M. A. 2000. Formación pedagógica inicial y permanente del profesor universitario en España: reflexiones y propuestas. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 38, 19-35.
- Curtis, S y Barnes, N. S., 1994. *Biología*. Panamericana, México D. F., México.
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection*. John Murray, London, Reino Unido (Trad. al castellano de la 6ª edición inglesa *Origen de las especies*. 1985. Akal, Madrid).
- Darwin, C. 1887. "Correspondencia". En: Darwin, F. *Life and letters of Charles Darwin*, vol. 3. John Murray, London, Reino Unido.
- de la Gándara, M. y Gil, M. J. 2002. El aprendizaje de la adaptación. *Alambique*, 32, 65-71.
- de la Gándara, M., Gil, M. J. y Sanmartí, N. 2002. Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 303-314.
- de Manuel, J y Grau, R. 1996. Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, 53-63.
- Deadman, J. A. 1976. *The structure and development of concepts associated with the topic of evolution in Secondary School boys*. Tesis doctoral, Chelsea College, University of London, London, Reino Unido.
- Deadman, J. A. y Kelly, P. J. 1978. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.
- Delibes de Castro, M. 2001. *Vida. La naturaleza en peligro*. Temas de Hoy, Madrid.
- Develay, M. y Ginsburger-Vogel, V. 1986. Population. *Aster* 3:19-71.
- Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choy, M. Y., Sanders, D. y

- Benefield, P. 2006. The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review*, 87, 107-113.
- Dobzhansky, T. 1973. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 125-129.
- Driesch, H. 1899. *Philosophie des Organischen*. Quelle und Meyer, Leipzig, Alemania.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. 1989. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata, Madrid.
- Dualde, V. 1976. *Biología*. Curso de Orientación Universitaria. ECIR. Valencia.
- Egea, G., Egea, P., García, G., García-Estañ, R., Larios, J. M., Molina, A., de los Reyes, R. y Rodríguez, C. 1996. De Lamarck a Darwin. ¿Pueden evolucionar las ideas de los alumnos? *XIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 143-148.
- Egerton, F. N. 1977. A bibliographical guide to the history of the history of general ecology and population ecology. *History of Science Cambridge*, 15, 188-215.
- Ehrlich, P. R. y Roughgarden, J. 1987. *The Science of Ecology*. Collier-Macmillan, London, Reino Unido.
- Elton, C. E. 1927. *Animal ecology*. Reedición en 2001 de la University of Chicago Press, Chicago, EEUU.
- Engel E. C. y Wood-Robinson, C. 1985. Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304-310.
- Engel, E. C. y Wood-Robinson, C. 1985a. How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal Biological Education*, 19 (2), 125-130.
- Exline, J. D. 1984. National survey: science textbook adoption process. *The Science Teacher*, 51(1), 92-93.
- Fernández, J. J. y Sanjosé, V. 2007. Permanencia de ideas alternativas sobre evolución de las especies en la población culta no especializada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 129-149.
- Finley, F. N., Stewart, W. L. y Yaroch, J. 1982. Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66, 531-538.
- Fox, D. J. 1981. *El proceso de investigación en educación*. EUNSA. Zaragoza.
- Freckleton, R. P. y Watkinson, A. R. 2003. Are all plant populations metapopulations? *Journal of Ecology*, 91, 316-320.
- Futuyma, D.J. 1986. *Evolutionary Biology*. Sinauer, Sunderland, Estados Unidos.
- Gagliardi, R. 1988. Cómo utilizar la historia de las Ciencias en las Ciencias. *La Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.
- Gallegos, L., Jerezano, M. E. y Flores, F. 1994. Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 259-272.
- García de la Torre, E. y Sequeiros, L. 1995. Educación ambiental para profesorado de secundaria. Descripción de una experiencia. *Alambique*, 6, 33-41.
- García Gómez, J., Martínez Fernández, J. y López Lorca, B. 1995. La visión que tiene el profesorado de ciclo superior de EGB de los intereses del alumnado en educación ambiental. *Alambique*, 6, 42-50.
- Gardner, E. J., Simmons, M. J. y Snustad, D. P. 1998. *Principios de genética*. Limusa Wiley, México D.F., México.
- Gause, G. 1934. *The struggle for existence*. Williams & Wilkins, Baltimore, Estados Unidos.
- 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.
- Gleason, J. M.; Griffith, E. C. y Powell, J. R. 1998. A molecular phylogeny of the *Drosophila willistoni* group: conflicts between species concepts? *Evolution*, 52, 1093-1103.

- Glenberg, A. M. y Epstein, W. 1985. Calibration of comprehension. *Journal of Experimental Psychology*, 11, 702-718.
- Goldstein, P. 1978. *Changing the American schoolbook: law, politics and technology*. Heath Publishing Company, Lexington, Estados Unidos.
- González García, F. 2001. Biología para una nueva generación: nuevos contenidos y nuevos continentes. *Alambique*, 29, 63-69.
- González García, F. y Jiménez Tejada, M. P. 2006. Imagen de las ciencias en los trabajos de laboratorio: una encuesta a estudiantes de la UCM. *UCMaule Revista Académica*, 32: 23-40.
- González-García, F. y Tamayo, M. 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.
- Goodman, E. 1999. *Those ever-evolving creationist*. The Boston Globe, Agosto 19, section A, 19.
- Gould, S. J. 1981. *The mismeasure of man*. (Trad. al castellano *La falsa medida del hombre*. 1986. Orbis).
- Gould, S. J. 2002. *La estructura de la teoría de la evolución*. Tusquets, Madrid.
- Grau Sánchez, R. 1993. Revisión de las concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 87-89.
- Grau Sánchez, R. 1993. Revisión de las concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 87-89.
- Grau Sánchez, R. y de Manuel, J. 2002. Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique*, 32, 56-64.
- Griffiths, A. J. F., Miller, J. H., Suzuki, D. T., Lewontin, R. C. y Gelbart, W. M. 1997. *Genética*. McGraw Hill-Interamericana, Madrid.
- Grosbois M., Ricco, G. y Sirota R. 1991. Les manuels, un mode de textualisation scolaire du savoir savant. *Aster*, 13, 59-91.
- Grotzer, T. A. y Basca, B. 2003. How does grasping the underlying casual structures of ecosystems impact student's understanding? *Journal of Biological Education*, 38, 16-29.
- Halldén, O. 1988. The evolution of species: Pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10(5), 541-552
- Harms N. C. y Yager R. E. 1981. *What research says to the science teacher*, vol 3. National Science Teachers Association, Washington D.C., Estados Unidos.
- Helldén, G. 2002. 19-year-old students' reflections over their understanding of ecological processes. *IV Conferencia de ERIDOB*. Toulouse. Francia.
- Hennig, W. 1966. *Phylogenetic systematics*. University of Illinois Press, Urbana, EEUU.
- Hewson, P. W.; Tabachnick, R. B.; Zeichner, K. M. y Lemberger, J. 1999. Educating prospective teachers of biology: Findings, limitations, and recommendations. *Science Education*, 83, 373-384.
- Hogan, K. y Fisherkeller, J. 1996. Representing students thinking about nutrient cycling in ecosystems. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 129-141.
- Huffaker, C., Berryman, A. y Turchin, P. 1999. Dynamics and regulation of insect population. En: Huffaker, C. B. y Gutiérrez, A. P. (eds.), *Ecological entomology*, 2nd ed., págs. 269-312. John Wiley & Sons, New York, Estados Unidos.
- Hull, D. 1965. The effect of essentialism on taxonomy (Two thousand years of stasis). *British Journal for the Philosophy of Science*, 15, 314-326.
- Jahn, I.; Lother, R. y Senglaub, K. 1985. *Historia de la Biología. Teorías, métodos, instituciones y biografías breves*. Labor. Barcelona.
- Jiménez Aleixandre, M. P. 1990. *Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual*. Tesis

- Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Jiménez Aleixandre, M. P. 2002. Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido olfato?. *Alambique*, 32, 48-55.
- Jiménez Aleixandre, M. P. 1992. Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14, 51-61.
- Jiménez Aleixandre, M. P. y Fernández, J. 1989. ¿Han sido seleccionados o se han acostumbrado? *Infancia y aprendizaje*, 47, 67-81.
- Jiménez Aleixandre, M. P. 1991. Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 248-256.
- Jiménez Aleixandre, M. P. 1994. Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 519-535.
- Jiménez Tejada, M. P., González García, F. y Hódar, J. A. 2002. Evolución y Selección Natural en textos LOGSE. *Actas de los XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, págs. 851-858.
- Jiménez Tejada, M. P., Hódar, J. A. y González García, F. 2008c. Tratamiento de los conceptos de población y especie en las aulas. *Actas de los XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 518-529.
- Jiménez-Tejada, M. P.; Hódar, J. A. y González-García, F. 2008a. ¿Cómo trabajan los profesores chilenos los conceptos de población y especie con sus alumnos? *Actas del III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología: La educación en Biología como respuesta a la demanda social*. Mar del Plata, Argentina.
- Jiménez-Tejada, M. P., Hódar, J. A. y González-García, F. 2008b. El aprendizaje del concepto biológico de población: cómo pueden las ciencias sociales y las matemáticas colaborar con la didáctica de la biología. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22:103-114.
- Jiménez-Tejada, M. P., González-García, F. y Hódar, J. A. (en prensa a). El trabajo en las aulas con los conceptos de población y especie. *UCMaule Revista académica*.
- Jiménez-Tejada, M. P., Hódar, J. A., González-García, F. y Naranjo, J. A. (en prensa b) Population and species concepts in conservation biology and their treatment in textbooks of ecology and genetics. *Biological Sciences Ethics and Education: The Challenges of Sustainable Development. Proceedings of the BioEd 2008 Conference*. Burgundy: Autun, Auxerre, Dijon, Francia. Junio 2008.
- Kant, I. 1790. *Die Kritik der Urteilskraft*. Georg Reimer, Berlin (trad. esp.: *Crítica del juicio*. 1977. Espasa Calpe, Madrid).
- Kareiva, P. 1989. Renewing the dialogue between theory and experiments in population ecology. En: Roughgarden, J., May, R. M. y Levin, S. A. (eds.) *Perspectives in Ecological Theory*, págs. 68-88. Princeton University Press, Princeton, Estados Unidos.
- Klug, W. S., Cummings, M. R. y Spencer, Ch. A. 2006. *Conceptos de genética*. Pearson-Prentice Hall, Madrid.
- Korfiatis, K., Papatheodorou, G. P., Stamou, G. P. y Paraskevopoulos, S. 1999. An investigation of the effectiveness of computer simulation programs as tutorial tools for teaching population ecology at university. *International Journal of Science Education*, 21, 1269-1280.
- Krebs, C. J. 1986. *Ecología*. Pirámide, Madrid.
- Lacadena, J. R. 1981. *Genética*, 3^o ed. Aagesa, Madrid.
- Lotka, A. J. 1925. *Elements of Physical Biology*. Williams & Wilkins, Baltimore, Estados Unidos.
- Louis, P. 1985. La notion d'espèce dans la biologie d'Aristote. En *Histoire du concept d'espèce dans les sciences de la vie*. Éditions de la Fondation Singer-Polignac, Paris, Francia).

- Lucas, A. M. 1971. The Teaching of "Adaptation". *Journal of Biological Education*, 5(2), 86-90.
- Lucas, A. M. 1986. Tendencias en la investigación sobre la enseñanza/aprendizaje de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 189-198.
- Magntorn, O. y Helldén, G. 2007. Reading nature from a "bottom-up" perspective. *Journal of Biological Education*, 41, 68-75.
- Magro, A.; Sommoneaux, L.; Favre, D. y Hemptinne, J. L. 2002. *IV ERIDOB Conference*. Toulouse.
- Malthus, T. R. 1798. *An Essay on the Principle of Population*. Murray, London, Reino Unido.
- Marbach-Ad, G. 2001. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, 35, 183-189.
- Margalef, R. 1986. *Ecología*. Omega, Barcelona.
- Martínez Losada, C., García Barros, S. y Mondelo Alonso, M. 1993. Las ideas de los profesores de ciencias sobre la formación docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 26-32.
- Maurer, B. A. 1999. *Untangling ecological complexity. The macroscopic perspective*. University of Chicago Press, Chicago, Estados Unidos.
- Mayden, R. L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. En: Claridge, M. F.; Dawah, H. A. y Wilson, M. R., editores. *Species: the Units of Biodiversity*, págs. 381-424. Chapman & Hall, London, Reino Unido.
- Mayr, E. 1942. *Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist*. Columbia University Press, New York, Estados Unidos.
- Mayr, E. 1948. The bearing of the new systematics on genetical problems: The nature of species. *Advances in genetics*, vol. 2, págs. 205-237, Academic Press, New York, Estados Unidos.
- Mayr, E. 1968. *Especies animales y evolución*. Ariel. Barcelona.
- Mayr, E. 1982. *The growth of biological thought: Diversity, evolution and inheritance*. Harvard University Press. London, Reino Unido.
- Mayr, E. 1992. A local flora and the biological species concept, *American Journal of Botany*, 79 (2), 222-238.
- Mayr, E. 1992. *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Crítica. Barcelona.
- Mayr, E. 2006. *Por qué es única la biología*. Buenos Aires. Katz.
- Medawar, P. B. 1951. Problems of adaptation. *New Biology*, 11, 10-26.
- Mellado, V. 2000. ¿Es adecuada la formación científica del profesorado de ciencias de secundaria para sus necesidades profesionales? *Alambique*, 24, 57-65.
- Milne, A. 1957. The natural control of insects populations. *Canadian Entomology*, 89, 257-263.
- Milner, R. 1995. *Diccionario de la evolución*. Biblograf, Barcelona.
- Moreno Verdejo, A. J. 2003. *Estudio teórico y experimental sobre el aprendizaje de conceptos y procedimientos inferenciales en el nivel de secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada.
- National Academy of Sciences. 1998. *Teaching about evolution and the nature science*. National Academy Press, Washington, D.C., Estados Unidos.
- Nevanpää, T. y Law, N. 2006. Pupil's ecological reasoning with help of modelling tool. *V International Conference for Interaction Design and Children*. Tampere, Finlandia.
- Nicholson, A. J. 1958. The self-adjustment of population to change. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, págs. 153-173.
- Otero, J. 1997. El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico. *Alambique*, 11, 15-22.
- Özkan, O.; Tekkaya, C. y Geban, Ö. 2004. Facilitating Conceptual change in students' understanding of ecological concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 13, 95-105.

- Parcerisa Arán, A. 1996. *Materiales curriculares: cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Grao, Barcelona.
- Pedrinaci, E. 1993. La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. *La Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 315-323.
- Pérez de los Reyes, C., Travieso Ramos, N. y Castiñeiras Fuentes, N. 2003. Un modelo didáctico de las Ciencias Naturales en Secundaria Básica. *Revista científico pedagógica MENDIVE* (Revista electrónica).
- Pianka, E. R. 1982. *Ecología evolutiva*. Omega, Barcelona.
- Pierce, B. A. 2005. *Genética: un enfoque conceptual*. Interamericana, Madrid.
- Pigliucci, M. 2003. Species as family resemblance concepts: the (dis-)solution of the species problem? *BioEssays*, 25: 596-602.
- Porter, R. 2003. *Breve historia de la medicina: desde la antigüedad hasta nuestros días*. Taurus, Buenos Aires, Argentina.
- Pozo, J. I., Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón, M. 1991. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 83-94.
- Prevosti, A. 1994. Comparació de les estratègies de l'evolució biològica i l'evolució cultural. *Revista d'Etnologia de Catalunya*, 5, 22-37.
- Prevosti, A. 1997. La adaptación en biología. *Alambique*, 11, 93-101.
- Primack, R. B. y Ros, J. 2002. *Introducción a la biología de la conservación*. Ariel, Barcelona.
- Pro, A. y Saura, O. 2000. ¿Qué contenidos conceptuales utilizan los profesores cuando planifican unidades didácticas en la educación secundaria? *Alambique*, 24, 87-89.
- Puertas, M. J. 1992. *Genética. Fundamentos y perspectivas*. McGrawHill Interamericana, Madrid.
- Ramorogo, G. y Wood-Robinson, C. 1995. Botswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 29(1), 60-70.
- Ricklefs, R. E. 1990. *Ecology, 3rd edition*. Freeman, New York, Estados Unidos.
- Ringo, J. 2007. *Genética fundamental*. Acribia S.A., Zaragoza.
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J. y García Jiménez, E. 1996. *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe, Málaga.
- Rosenthal, D. B. 1985. Evolution in high school biology textbooks: 1963-1983. *Science Education*, 69, 637-648.
- 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* 62:23-31.
- Sánchez-Monge, E. y Juvé, N. 1982. *Genética*, Omega, Barcelona.
- Schaefer, J. A. 2006. Towards maturation of the population concept. *Oikos*, 112, 236-240.
- Selltiz, C., Jopada, M., Deutsch, M. y Cook, S. W. 1976. *Métodos de investigación en las Ciencias Sociales*. Rialp, Madrid.
- Sequeiros, L. 1993. La idea de la ciencia de los profesores. Implicaciones didácticas. *Actas encuentros SS.PP. de Ciencias Experimentales*. CEP de Sevilla, Sevilla.
- 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, 181-188.
- Serrano, T. y Blanco, A. 1988. *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Narcea, Madrid.
- Simpson, G. G. 1961. *Principles of animal taxonomy*. Columbia University Press, New York, Estados Unidos.
- Sinclair, A. R. E. 1989. Population regulation in animals. En: Cherrett, J. M. (Editor). *Ecological concepts: The contribution of ecology to a understanding of the natural world*, págs. 197-241. Blackwell, Oxford, Reino Unido.

- Smith, R. L. y Smith, T. M. 2000. *Ecología*. Addison Wesley, Madrid.
- Smith, T. M. F. 1993. Population and selection: limitation of statistics. *Journal of the Royal Statistical Society*, 156(2), 145-166.
- Sober, E. 1996. *Filosofía de la Biología*. Alianza, Madrid.
- Soyibo, K. 1993. Some sources of students' misconceptions in Biology. En: Novak, J. (ed.), *Proceeding of the Third International Seminar on Misconceptions an Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, New York, Estados Unidos.
- Stake, R. y Easley, J. 1978. *Case studies in science education*. Government Printing Office, Washington D.C., Estados Unidos.
- Stavy, R. y Wax, N. 1989. Children's conceptions of plants as living things. *Human development*, 32: 88-94.
- Stiling, P. 1996. *Ecology. Theories and applications*. Prentice Hall, New Jersey, Estados Unidos.
- Stipcich, S. y Massa, M. 1997. ¿Ven los docentes los mismos "problemas" que los estudiantes? *Actas del V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, Universidad de Murcia, Murcia.
- Strickberger, M. W. 1978. *Genética*. Omega, Barcelona.
- Tamayo Hurtado, M. 2004. *Evolución de las teorías biológicas evolutivas en libros de texto de enseñanza en Chile*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.
- Tamayo Hurtado, M. y González García, F. 1998. Análisis de los contenidos biológicos en libros de texto de enseñanza primaria y secundaria. *Revista de Educación Universidad de Granada*, 11, 175-191.
- Tamayo Hurtado, M. y Troncoso, A. 1998. Partidarios de Darwin... pensando como Lamarck. En: Troncoso, A. y Tamayo Hurtado, M. (eds.) *¡Viva la Ciencia!*, págs. 165-176. Editorial Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Tamir, P. y García, M. P. 1992. Characteristics of laboratory exercises included en science textbooks in Catalonia (Spain). *International Journal of Science Education*, 14, 381-392.
- Taton, R. 1988. *Historia general de las ciencias*. Orbis, Barcelona.
- Thompson Klein, J. 1994. Notes toward a social epistemology of transdisciplinarity. *Comunicación I Congreso Mundial de la Transdisciplinarietà*. Portugal.
- Tidon, R. y Lewontin, R. C. 2004. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27, 124-131.
- Trumbull, D. J. y Kerr, P. 1993. University researchers' inchoate critiques of science teaching: Implications for the content of preservice science teacher education. *Science Education*, 77 (3), 301-317.
- Tunncliffe, S. D. 2001. Talking about plants. *Journal of Biological Education*, 36, 27-34.
- Ulanowicz, R. E. 1997. *Ecology, the ascendent perspective*. Columbia University Press, New York, Estados Unidos.
- Wallin, A., Hagman, M. y Olander, C. 2000. Teaching and learning about the biological evolution: conceptual understanding before, during and after teaching. En: *Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)*, págs. 127-139. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Wandersee, J. H. 1986. Plants or animals, which do junior high school students prefer to study? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(5), 415-426.
- Wandersee, J. H. and Schussler, E. 2001. Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 17: 2-9.
- Wiley, E. O. y Maydem, R. L. 2000. The evolutionary species concept. En: Wheeler, Q. D. y Meier, R. (comps.), *Species concepts and phylogenetic theory*, págs. 70-89. Columbia University Press, New York, Estados Unidos.

Bibliografía, 196

- Wittgenstein, L. 1953/1973. *Philosophical Investigations*. Macmillan, New York.
- Yore, L. D., y Denning, D. 1989. Implementing change in secondary science reading and textbook usage: A desired image, a current profile and a plan for change. *62nd Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, California, Estados Unidos.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*, 3rd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Estados Unidos.

