



Imagen: Jon Fjeldsa, en el Avian Phylogenomics Project

© Jon Fjeldsá

Banco de actividades para trabajar ideas previas y dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la evolución.

Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de idiomas.

Especialidad Biología y Geología.

Autora: Ángela Ruiz Delgado

Directoras: María Pilar Jiménez Tejada y María Amparo Ibáñez Ausina

Granada. Julio de 2015.

Imagen de la portada

Jon Fjeldsa, en el Avian Phylogenomics Project. Recuperado de <http://avian.genomics.cn/en/>

Banco de actividades para trabajar ideas previas y dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la evolución.

Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de idiomas.

Especialidad Biología y Geología.

Directoras: María Pilar Jiménez Tejada y María Amparo Ibáñez Ausina.

Autora: Ángela Ruiz Delgado

Universidad de Granada.

Julio de 2015.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar las gracias a Javier Carrillo, por ser *el hombre que lo hace posible*, en su labor de coordinador del máster, tan poco valorada.

Por supuesto, a mis directoras, Pilar y María, por sus orientaciones, ideas, ayuda, infinita paciencia... Creo que las tres hemos aprendido mucho y hemos hecho un buen trabajo juntas.

A nivel personal, gracias a mis padres, por el apoyo y la oportunidad. A Elena, por la compañía. A David, por escucharme y apoyarme.

Resumen

Investigaciones demuestran que los estudiantes de Secundaria enuncian los mecanismos de la evolución en términos lamarckistas y muestran errores de concepto. Esto se debe, sobre todo, a la prevalencia de ideas previas. Dada la relevancia de este tema dentro de la Biología como ciencia, el presente trabajo propone un conjunto de diez actividades, originales y frescas, con las que trabajar algunas de estas dificultades y al mismo tiempo, adquirir nuevos conocimientos, y conseguir motivar al alumnado y despertar su interés en el estudio de las ciencias de la vida.

Palabras clave: educación secundaria, evolución, actividades, ideas previas.

Abstract

Researchers show that secondary students state the mechanisms of evolution in lamarckian terms and have misconceptions. This is due to, above all, the presence of prior ideas. Because of the importance of evolution in Biology as a science, this essay proposes a set of ten activities, original and cool, to work some of these difficulties with, and simultaneously acquire new knowledge, and get students motivated and spark their interest about the study of life science.

Key words: secondary education, evolution, activities, prior ideas.

Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	5
Introducción y justificación	7
¿Por qué es tan importante la biodiversidad?	7
Pero, ¿necesitan realmente los estudiantes aprender la evolución?	8
Entonces... ¿por qué no están aprendiendo la evolución?.....	10
Cómo pueden aprender evolución	12
Objetivos	13
Metodología	13
Relación de contenidos, según el BOE núm. 5 de, 5 de enero de 2007, con las actividades.	15
Relación de contenidos, según el BOE núm. 3 de, 3 de enero de 2015, con las actividades.	16
Banco de actividades.....	17
Actividad 1: Perjuicios y beneficios de las mutaciones.	18
Actividad 2. Los organismos extremófilos.	22
Actividad 3. El origen de los carriceros.	26
Actividad 4. Variabilidad en las lavanderas.	31
Actividad 5. Variabilidad en la cañadilla.	35
Actividad 6. La función de los órganos que no tienen función.	38
Actividad 7. Los combatientes.	40
Actividad 8. Sembrar lechugas en sal.	44
Actividad 9. “Parásitos que nos hacen más humildes (o deberían)”	47
Actividad 10. ¿Tendría Darwin sentido del humor?	50
Conclusiones.....	54
Referencias	56
Bibliografía usada para las actividades	57
Legislación	59
Fuente de las imágenes usadas en la actividad 10	59
Anexo I.....	60
Anexo II.....	61

Introducción y justificación

¿Por qué es tan importante la biodiversidad?

Según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), la biodiversidad comprende la variabilidad de todos los organismos vivos, incluyendo la variabilidad dentro de cada especie, de las especies y de los ecosistemas. Esta biodiversidad es esencial para el correcto funcionamiento de los ecosistemas. Se debe conservar por el simple hecho de que existe, y es nuestro patrimonio. Pero además, esta diversidad tiene importantes implicaciones que la humanidad aun no imagina: nos estamos refiriendo a los servicios ecosistémicos, todo aquello que nos aportan los ecosistemas, la obtención de tantos recursos que nos proveen, no sólo recursos materiales, también los recreativos y los culturales, los medicamentos que podemos obtener, la resistencia a enfermedades en tribus indígenas, la prevención de desastres como las inundaciones, la lucha natural contra las plagas...y lo que aun no conocemos.

Para Darwin la importancia de esta variabilidad reside en que las diferencias individuales, heredables, son la materia prima sobre la cual actúa la selección natural y, por tanto, sobre la que se construyen las subespecies y las especies (Darwin, 1859). De este modo Darwin rechazó el esencialismo tradicional y propuso una nueva idea, el pensamiento poblacional, de acuerdo con el cual todos los individuos de una misma especie son diferentes. Pero en aquel momento el pensamiento tipológico estaba profundamente asentado, tanto que muchos evolucionistas no terminaron de aceptar la selección natural hasta muchas décadas más tarde (Mayr, 2006).

Si superar el pensamiento tipológico fue imprescindible para comprender los mecanismos de la evolución por selección natural, lo es también para que

los estudiantes aprecien que la selección natural actúa sobre la variabilidad individual en cada población. Y si esta teoría sienta sus bases en conceptos como los de población y especie, y no en leyes, se hace patente la necesidad de dedicarles más atención de cara a la comprensión y aceptación de la selección natural (Jiménez-Tejada, 2009). El problema radica en que la misma comunidad científica no termina de aclararse en torno al concepto de especie (Mayr, 2006), y tampoco al de población (Schaefer, 2006) lo que nos da una idea de las dificultades que encontrarán en su momento nuestros estudiantes en Secundaria.

Pero, ¿necesitan realmente los estudiantes aprender la evolución?

La teoría de Darwin tuvo un impacto social comparable a pocos acontecimientos científicos. De hecho, a pesar de tener tantas detracciones desde el primer día, se sigue manteniendo actualmente, a la luz de las leyes de la herencia biológica y la estructura del ADN, cortesía de Mendel, y de Watson y Crick, respectivamente (Bermúdez, 2015). En el gremio, ¿quién no recuerda a Dobzhanski: *“Nada tiene sentido en la biología si no es a la luz de la evolución”*? Esa es la respuesta a la pregunta del título, un rotundo sí.

En general, la alfabetización científica es importante para todos los alumnos, al aportarles modelos que puedan utilizar para interpretar el mundo, y la teoría de la evolución es un modelo indispensable para comprender la vida (Martínez, 2005). Así mismo, Grau y de Manuel (2002) consideran que en Secundaria es imprescindible el estudio de la evolución ya que es el eje vertebral de la biología misma. Además permite a los estudiantes comprender otras materias importantes, como son la taxonomía, los ecosistemas y los avances en biotecnología (Fernández y Sanjosé, 2007), además de las implicaciones sociales, derivadas de una mala interpretación del darwinismo que pueden darse, o se han dado en la historia, como es el caso del holocausto judío.

Veamos, por otra parte, qué dice la ley acerca de si hay o no que estudiar la evolución en el instituto:

A nivel estatal, de acuerdo con la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), vigente aún en 2º y 4º de ESO en el curso 2015/2016, la evolución no se estudia de manera explícita hasta el último curso. Esto es así porque la asignatura Biología y Geología en 4º ESO se centra en estudiar las principales teorías en que se asientan ambas disciplinas, y la evolución es la que “da el sentido a la Biología”. De esta manera, el tercer bloque de la asignatura, titulado “La evolución de la vida”, engloba los contenidos relacionados con la célula, genética y origen y evolución de los seres vivos: teorías fijistas y evolucionistas; datos que apoyan la teoría de la evolución; aparición y extinción de especies y teorías actuales; evolución de los homínidos. Los criterios de evaluación exigen que el alumno exponga la teoría de la evolución, las controversias que generó a nivel científico, social y religioso y que sepa interpretar el registro paleontológico y otras pruebas de la evolución, como la anatomía comparada y la biogeografía.

Algo similar encontramos en la nueva ley de educación, según el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (LOMCE), que entrará en vigor en el próximo año, la teoría de la evolución sólo se estudia en el cuarto curso, junto con la tectónica de placas y la teoría celular, con la finalidad de introducir al alumnado las principales teorías que permiten el desarrollo de la Biología como ciencia. Se puede decir que aquí mejora ligeramente la situación, ya que en los contenidos se relaciona, por primera vez las mutaciones con la evolución. No obstante, las teorías de la evolución y sus mecanismos se encuentran más adelante en este currículum. Los criterios de evaluación se amplían a este respecto, y a la par que los estándares de aprendizaje evaluables, piden que nuestros estudiantes valoren el papel de las mutaciones en la variabilidad y cómo se relacionan estas con la evolución; conocer las pruebas de la evolución y las diferentes teorías y que sepan interpretar árboles filogenéticos.

Resumiendo, mientras la evolución según Darwin no tenga un buen asiento en el currículum a todos los niveles, no podremos llegar a lo que reclaman nuestros políticos, y gustan en llamar, la sociedad del conocimiento (Barberá, Sanchis & Sendra, 2011).

Entonces... ¿por qué no están aprendiendo la evolución?

Se ha visto en numerosas investigaciones en varios países que los estudiantes explican y entienden la evolución en términos lamarckistas (Gené, 1991). Pero, ¿a qué se debe esto? Bermúdez (2015) recoge los principales errores de concepto en el aprendizaje de la evolución, entre los que cabe destacar el vitalismo, el esfuerzo o la intención del individuo por adaptarse a los cambios en el medio y cubrir así una necesidad; la herencia de los caracteres adquiridos; y considerar la evolución como una simple teoría que no puede demostrarse.

El hecho de no llegar a alcanzar los estudiantes una correcta comprensión de los mecanismos de la evolución puede deberse a varios factores, la teoría darwinista es, a nuestro juicio, menos intuitiva que la lamarckista; la teleología también se encuentra dentro del propio discurso científico, como en el concepto de adaptación, lo que dificulta la labor del profesorado en este sentido (Gándara Gómez, 2002); la tipología está arraigada en los conceptos de población y especie entre los más jóvenes (Jiménez-Tejada, Sánchez-Monsalve y González-García, 2013); los medios ejercen una influencia de constante refuerzo de ideas previas, al hacer uso de ciertos términos, en películas o programas de divulgación, con un significado que no se corresponde al que le dan los científicos, por ejemplo se utilizan como vocablos sinónimos mutante y extraño, o deforme, de manera que implican una obstrucción en el

aprendizaje y la enseñanza de otros conceptos en relación con la evolución (Grau y de Manuel, 2002).

Mención aparte merece el caso de los libros de texto, ya que transmiten ideas vitalistas, sobre todo en lo que se refiere a procesos fisiológicos, al describir y referirse a la organización corporal como buena o la necesaria para la supervivencia, y no como adaptativa (Gándara Gómez, 2002) y se muestran dispares en cuanto a los conceptos de población y especie, no los relacionan entre sí o con la temática evolutiva o taxonómica en numerosas ocasiones, y presentan imágenes que refuerzan el pensamiento tipológico (Merino, 2011).

Barberá y colaboradores (2011) recogieron una serie de deficiencias, en lo que a teoría de la evolución se refiere, en libros de texto de Secundaria. Entre estas carencias, por parecernos de mayor gravedad, queremos resaltar: el vitalismo, el finalismo, la idea de la perfecta adaptación de las especies al medio en que viven, el ignorar la variación intraespecífica, el tratar los órganos homólogos como adaptaciones finalistas sin aprovecharlo para ilustrar el origen común de los organismos y el no relacionar los conceptos de especie y población.

En este análisis no debemos olvidarnos de las diferentes situaciones personales de cada alumno, ya que a veces el problema no es tanto el no comprender la evolución como el hecho de no aceptarla. Puede resultar un terreno pantanoso, pero a priori podemos pensar que las creencias religiosas de nuestros estudiantes influyan negativamente. Y de hecho, según Athanasiou y colaboradores (2012), esta influencia se da, de la misma manera que comprender mejor la teoría de la evolución se relaciona con una mayor aceptación.

Se han visto casos (BouJaoude, Wiles, Asghar, & Alters, 2011) en que los jóvenes hacen sus propias interpretaciones sobre textos sagrados (Corán), y

esto sumado a concepciones erróneas acerca de la evolución, les lleva a pensar que para aceptarla tendrán que renunciar a sus creencias.

Pensamos que las creencias religiosas no tienen que estar necesariamente reñidas con la aceptación de hechos científicos, y en este sentido, lo expuesto más arriba no es tampoco la tónica generalizada. Un reciente estudio (Mpeti, de Villiers, & Fraser, 2015) llevado a cabo con estudiantes de Secundaria en Sudáfrica, donde la evolución no formaba parte del currículum durante el siglo XX, encontró un nivel de aceptación de la teoría evolutiva relativamente alto, cercano al 70% de los participantes, la práctica totalidad de los cuales seguía el dogma cristiano en alguna de sus vertientes.

Cómo pueden aprender evolución

A este respecto, se recomienda dedicar más atención a la biología del desarrollo y sobre todo a la genética, para facilitar la comprensión de la variabilidad intraespecífica (Gándara Gómez, 2002), ya que sin los conocimientos de genética no se puede entender la evolución; también, partir de las ideas previas que ya tiene el alumnado, hacer que se den cuenta y tomen conciencia de ellas, discutir las en el aula; usar situaciones cotidianas para promover la reflexión y el debate (Grau y de Manuel, 2002).

En su tesis doctoral (2009), Jiménez-Tejada concluye y aconseja con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de la biología, entre otras cosas, diversificar la bibliografía y el uso de mapas conceptuales; interdisciplinariedad: trabajar los conceptos de población y especie en relación con otras asignaturas, como la estadística y las ciencias sociales; aprovechar las ideas previas como recurso didáctico.

Objetivos

Atendiendo a lo anteriormente descrito, hemos pretendido desarrollar una serie de actividades que permitan:

- Divulgar la teoría de Darwin, asentar en el alumnado las bases de la evolución por selección natural, y conceptos relacionados.
- Aprovechar las ideas previas que ya tienen los estudiantes como un recurso didáctico más, promoviendo el conflicto cognitivo al hacerles darse cuenta de sus concepciones erróneas.
- Practicar el debate, al mismo tiempo que promover la reflexión y el pensamiento crítico.
- Trabajar en equipo.
- Desarrollar destrezas en la búsqueda de información.
- Promover entre los estudiantes de Secundaria el interés por la fauna ibérica.

Metodología

La estructura seguida en el planteamiento de todas las actividades es la misma: dado que este trabajo está directamente orientado a superar obstáculos e ideas previas, cada propuesta parte de aquella dificultad en que se centra. Lo segundo que se encuentra es una descripción de cómo proceder en el momento de llevarla a cabo (materiales, pasos a seguir, etc.), para pasar a relacionar, en forma de tabla, los distintos elementos del currículum (objetivos, criterios de evaluación, competencias...).

Objetivos y Metodología

En la mayoría de los casos hay lecturas, imágenes y preguntas, todas ellas se disponen al final de cada actividad, y se especifica, cuando es necesario, qué cuestionarios se deben pasar antes y cuáles después de las lecturas.

Dos de las actividades, 5 y 8, presentan un carácter más práctico. En el primer caso, para medir conchas de molusco, se ilustran las medidas que tienen que tomar y la tabla a usar para recoger los datos; en el segundo, para sembrar semillas de lechuga también se describen detalladamente los materiales y pasos a seguir, que por otra parte son muy sencillos.

En cuanto a la evaluación de las actividades, es libre y cada uno puede llevar a cabo la que estime más oportuna, pero teniendo en cuenta el planteamiento propuesto, sugerimos que se haga según las respuestas dadas por los alumnos y las alumnas en los cuestionarios al final de cada ejercicio, para así estar seguros de que realmente ha habido un cambio de pensamiento.

Relación de contenidos, según el BOE núm. 5 de, 5 de enero de 2007, con las actividades.

Todos ellos se encuentran en el Bloque III: la evolución de la vida.

Título	Contenidos
Actividad 1: Perjuicios y beneficios de las mutaciones.	Las mutaciones: causas, tipos, consecuencias; papel de las mutaciones en la diversidad genética; aplicaciones en agricultura.
Actividad 2: Los organismos extremófilos.	Evolución de los seres vivos. Valoración de la biodiversidad como resultado del proceso evolutivo: organismos extremófilos. Interés por el mundo microscópico.
Actividad 3: El origen de los carriceros.	Concepto de especie. Valoración de la biodiversidad como resultado del proceso evolutivo. Adaptación.
Actividad 4: Variabilidad en las lavanderas.	Concepto de especie. Valoración de la biodiversidad.
Actividad 5: Variabilidad en la cañadilla.	Valoración de la biodiversidad.
Actividad 6: La función de los órganos que no tienen función.	La evolución de los seres vivos. Datos que apoyan la teoría de la evolución de las especies: casos particulares de órganos sin función y de exaptación.
Actividad 7: Los combatientes.	Concepto de especie. Valoración de la biodiversidad como resultado del proceso evolutivo. Evolución de los seres vivos: selección sexual.
Actividad 8: Sembrar lechugas en sal.	Valoración de la biodiversidad. Mutaciones. Evolución de los seres vivos.
Actividad 9: Parásitos que nos hacen más humildes.	Evolución de los seres vivos. Valoración de la biodiversidad como resultado del proceso evolutivo.
Actividad 10: ¿Tendría Darwin sentido del humor?	Evolución de los seres vivos: teorías fijistas y evolucionistas.

Relación de contenidos, según el BOE núm. 3 de, 3 de enero de 2015, con las actividades.

Todos ellos se encuentran en el Bloque I: la evolución de la vida.

Título	Contenidos
Actividad 1: Perjuicios y beneficios de las mutaciones.	Mutaciones: causas, tipos, consecuencias. Aplicaciones en agricultura.
Actividad 2: Los organismos extremófilos.	Evolución de los seres vivos. Biodiversidad: los organismos extremófilos.
Actividad 3: El origen de los carriceros.	Concepto de especie. Evolución de los seres vivos: adaptación. Biodiversidad.
Actividad 4: Variabilidad en las lavanderas.	Concepto de especie. Biodiversidad.
Actividad 5: Variabilidad en la cañadilla.	Biodiversidad.
Actividad 6: La función de los órganos que no tienen función.	Evolución de los seres vivos. Pruebas a favor de la teoría de la evolución: casos particulares de órganos sin función y de exaptación.
Actividad 7: Los combatientes.	Concepto de especie. Biodiversidad. El hecho y los mecanismos de la evolución: selección sexual.
Actividad 8: Sembrar lechugas en sal.	Mutaciones. Relaciones con la evolución.
Actividad 9: Parásitos que nos hacen más humildes.	Mutaciones. Relaciones con la evolución. Biodiversidad.
Actividad 10: ¿Tendría Darwin sentido del humor?	Teorías de la evolución: lamarckismo, darwinismo. El hecho y los mecanismos de la evolución.

Banco de actividades

Actividad 1: Perjuicios y beneficios de las mutaciones.

Idea previa a superar: las mutaciones surgen como una necesidad del propio individuo y se dirigen hacia un fin concreto.

Desarrollo de la actividad: se aportan al alumnado dos lecturas cortas, una referente al accidente de Chernóbil y otra sobre el uso de mutagénesis inducida en la obtención de variedades nuevas en plantas. Luego se plantean una serie de preguntas para hacer un debate en clase.

	Objetivos específicos	Explicar por qué se producen las mutaciones y cuáles son sus consecuencias; conocer la importancia de las mutaciones en la aparición de variabilidad en las especies y por tanto, en la evolución.
	Criterios de evaluación	Aprecia que las mutaciones se producen al azar, que sus efectos son desconocidos a priori y que los agentes mutagénicos no producen siempre los mismos efectos; valora las mutaciones como uno de los mecanismos de aparición de variabilidad dentro de las especies, aunque no el único, y por tanto en la evolución.
LOE	Objetivos generales	Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje con propiedad así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Adoptar aptitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar cuestiones científicas.
	Criterios de evaluación	Interpretar el papel de la diversidad genética y las mutaciones a partir del concepto de gen.
	Competencias básicas	Comunicación lingüística; conocimiento e interacción con el mundo físico.
LOMCE	Objetivos generales	Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, textos y mensajes complejos.
	Criterios de evaluación	Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.
	Estándares de aprendizaje	Reconoce y explica en qué se basan las mutaciones y sus tipos. Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.
	Competencias	Comunicación lingüística; competencias básicas en ciencia y tecnología.

“La humanidad nunca ha experimentado una desgracia de tal magnitud, con secuelas tan graves y tan difíciles de eliminar”. (Boris Yeltsin)

El día 26 de abril de 1986 una central nuclear situada en la ciudad de Chernóbil (actual Ucrania) sufrió el accidente nuclear más grave de la historia, sólo comparable con el de Fukushima de 2011. Consistió en una explosión del hidrógeno contenido en uno de los reactores, mientras se realizaba una prueba que permitiría mejorar la seguridad de la central. La cantidad de radiación liberada se estima quinientas veces superior a la de Hiroshima en 1945. Como consecuencia directa de la explosión perdieron la vida treinta y una personas, aunque no disponemos de datos exhaustivos, ya que en esta clase de accidentes el número de víctimas aumenta día tras día hasta muchos años más tarde.

Por otra parte las consecuencias no sólo se sintieron en Ucrania, siendo afectados otros países europeos (principalmente Rusia). A largo plazo, los efectos negativos sobre la salud, se ha calculado que perdurarán varias generaciones, incluso se habla de 300.000 años hasta la completa desaparición de la radiactividad. La mayor secuela fue el cáncer, pero no la única. Quizá hayas oído hablar del nacimiento, tras el desastre, de numerosos niños y niñas con terribles malformaciones en sus órganos y en sus extremidades. Actualmente las mujeres ucranianas se siguen sometiendo a test y pruebas preventivas al saber que están embarazadas.

La otra cara de las mutaciones

Las mutaciones pueden ocurrir porque haya un error al replicarse el ADN cuando las células se dividen o porque se expongan a agentes mutagénicos, que son aquellos que pueden causarlas. Existen tres tipos: los físicos, como la radiación en el caso del accidente de Chernóbil; los químicos, como el gas mostaza; y los biológicos, que son determinados virus o bacterias que pueden producir mutaciones.

Aunque el accidente de Chernóbil fue una catástrofe, en otras circunstancias las mutaciones también pueden ser beneficiosas. Verduras más nutritivas y más sabrosas, plantas de jardín más hermosas... Los científicos han ideado técnicas para someter plantas a rayos X o a rayos gamma, y conseguir así que aparezcan diferentes características nuevas por mutación, de manera que luego pueden seleccionar aquellas que sean más interesantes. De este modo se obtuvo por ejemplo el pomelo rosado, que procede de una variedad

blanca cuyo sabor es (aún) más amargo, o en el caso de las plantas ornamentales se buscan nuevos patrones de coloración en las flores y las hojas.

Estos avances son muy importantes en agricultura, por ejemplo científicos japoneses recientemente han conseguido desarrollar variedades de arroz y de soja con mayor contenido en proteínas, y peras que no son afectadas por determinadas enfermedades.

Pero las posibilidades y los beneficios de la mutagénesis inducida no se acaban aquí: se han conseguido plantas mutantes de girasol que toman por las raíces y acumulan en sus tejidos grandes cantidades de cadmio o zinc presentes en el suelo, sin sufrir perjuicios para su crecimiento. De este modo estas plantas se pueden utilizar para limpiar de metales pesados suelos contaminados.

Preguntas:

1. ¿Qué efectos tiene la radiactividad sobre el organismo?
2. ¿Cuáles son los efectos de las mutaciones?
3. ¿Por qué nacieron tras el accidente de Chernóbil bebés con malformaciones? ¿Crees que todas las malformaciones eran iguales? ¿Por qué?
4. ¿A priori se puede saber qué malformaciones iban a tener los bebés?
5. ¿Por qué las personas que sufrieron la radiación no desarrollaron malformaciones? ¿Cómo explicas que estas mismas personas sí tengan hijos con problemas? ¿Crees que habrían nacido los niños con estas anomalías si la radiación afectara sólo a células somáticas?
6. ¿Es posible prever de algún modo el efecto o las consecuencias de un agente mutagénico? Si se utiliza siempre el mismo agente, ¿se obtendrán siempre los mismos efectos?
7. En el caso de la agricultura, ¿crees que los investigadores suelen obtener el resultado que esperan al inducir mutaciones? ¿Serán, todas las características nuevas, útiles o beneficiosas o algunas serán perjudiciales? ¿Qué papel tiene el investigador? ¿Puede dirigir el proceso de mutagénesis hacia los caracteres que más convengan?

Banco de actividades

8. ¿Ocurren en la naturaleza procesos como los ya descritos anteriormente y semejantes a los realizados por los genetistas? ¿Qué tienen que ver estos procesos con la evolución de las especies?

Actividad 2. Los organismos extremófilos.

Ideas previas a superar: La evolución es direccional. Los organismos más complejos son los más evolucionados.

Desarrollo de la actividad: Se formulan una serie de preguntas al grupo y luego se aporta al alumnado una pequeña información para su lectura. Después se plantea otra secuencia de preguntas para hacer un debate en clase y para buscar información en casa.

Objetivos específicos		Comprender que la evolución significa cambio pero no necesariamente mayor complejidad.
Criterios de evaluación		Reconoce que los organismos pueden ser más o menos complejos y no por ello son más o menos ‘evolucionados’.
LOE	Objetivos generales	Comprender y utilizar los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar fenómenos naturales. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje con propiedad, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Adoptar aptitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar cuestiones científicas.
	Criterios de evaluación	Relacionar la evolución y la distribución de los seres vivos, destacando sus adaptaciones más importantes.
	Competencias básicas	Comunicación lingüística; conocimiento e interacción con el mundo físico.
LOMCE	Objetivos	Comprender y expresar con corrección textos y mensajes complejos.
	Estándares de aprendizaje	Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.
	Criterios de evaluación	Comprender los mecanismos de la evolución destacando la importancia de la mutación y la selección.
	Competencias	Comunicación lingüística; competencias básicas en ciencia y tecnología.

Con frecuencia tendemos a pensar que aquellos seres vivos cuyas estructuras son más complejas son los que han avanzado más en la escala evolutiva, y olvidamos que existen criaturas capaces de vivir en condiciones tan extremas, que parecen de otro planeta. Olvidamos su existencia porque no podemos verlos a simple vista, ya que frecuentemente se trata de microorganismos, bacterias que como su nombre indica sólo podemos tener acceso a ellas mediante el uso del microscopio. Pero aunque no se les tenga en

cuenta a veces, su diversidad es prácticamente incalculable. Sólo para que te hagas una idea, ya sabes que el ser humano no puede vivir sin oxígeno; pues bien, existen organismos fermentadores, y de cuya actividad nos beneficiamos algunas veces, que viven en ausencia de este gas que nosotros consideramos vital. Algunos, de hecho, mueren si hay oxígeno en el ambiente.

Se conocen bacterias que viven, por ejemplo, en fuentes termales. Por ejemplo, *Aquifex* y *Thermocrinis* son dos géneros que requieren temperaturas de unos 85°C, ¡qué calor! O también en minas ácidas, como en río Tinto, en Huelva, con unas condiciones extremadamente inhóspitas, por su acidez y contenido en compuestos metálicos. Otro caso sorprendente es el de *Ferroplasma acidophilum*, que sobrevive a pH 0 y temperaturas de hasta 50°C. Pero no se termina aquí: muchas son autótrofas, y obtienen la energía de fuentes realmente sorprendentes, como *Nitrosomonas*, que lo hace de la oxidación del amoníaco, o *Dehalococcoides*, que metaboliza compuestos de cloro, tóxicos para los peces y otros animales, y los transforma en un gas inocuo.

Algunos de estos extremófilos son, además, fósiles vivientes, es decir, son semejantes a especies que sólo conocemos a través del registro fósil, o que conservan sus características sin modificar durante muchos millones de años.

Preguntas antes de la lectura:

-¿Cuál crees que es la especie más evolucionada? ¿Se puede decir que es un organismo perfecto? ¿Puede vivir en cualquier ambiente? Justifica tus respuestas.

-¿Crees que las especies más complejas son las más evolucionadas? ¿Cuál de estos seres vivos es más evolucionado, una bacteria o un insecto? ¿Un insecto o un mamífero? ¿Y las plantas, son más o menos evolucionadas que los animales? Justifica tus respuestas.

Preguntas tras la lectura:

-¿Las especies que viven en los ambientes descritos son sencillas o complejas?
¿Cómo es posible que existan organismos vivos en condiciones tan extremas?

-¿De qué manera la evolución por selección natural habrá permitido o favorecido la existencia de organismos en condiciones tan extremas?

-Si las aguas son tan ácidas, ¿cómo explicas la presencia de bacterias en río Tinto? ¿Estarán adaptadas a la elevada concentración de metales pesados? Describe cómo, desde el punto de vista de la selección natural se habrán producido estas adaptaciones.

-¿Qué especies podemos considerar más evolucionadas, las que pueden desarrollarse en muchos ambientes diferentes (como los humanos) o aquellas que pueden hacerlo en condiciones inhóspitas (como los extremófilos)? ¿Nosotros seríamos capaces de sobrevivir en ambientes extremos si no dispusiéramos de los avances tecnológicos con los que cuenta la humanidad?

-Un ejemplo de "fósil viviente" es un hermoso árbol llamado *Ginkgo biloba*, único representante actual del orden *Ginkgoales*, que vivió hace 210 millones de años. ¿Crees que es correcto hablar de fósiles vivientes? ¿A qué se debe ese término? ¿Por qué existen los fósiles vivientes? ¿Escapan a la selección natural? ¿Cómo explicarías su existencia después de tanto tiempo?

Actividades para buscar información:

-Existen insectos que viven en el cauce de los ríos pero evitan ser arrastrados por la corriente. Busca información sobre cómo las larvas de los tricópteros construyen un estuche en el que vivir.

-Los insectos sociales, como las hormigas o las abejas viven en complejas sociedades familiares. Aunque no poseen órganos fonadores como otros

Banco de actividades

animales, han conseguido una buena forma de comunicación. Busca información sobre la danza de las abejas.

De acuerdo con la información que has recopilado, ¿crees que se trata de organismos poco evolucionados? Describe detalladamente cómo crees que la selección natural puede haber actuado en las poblaciones de tricópteros y de abejas.

El siguiente texto pertenece a una noticia publicada por el diario "El Mundo" en el año 2007:

Ver Anexo I.

-Teniendo en cuenta todo lo que ya sabes, ¿dirías que las bacterias de las que se habla en la noticia son organismos poco evolucionados? ¿Qué papel juega la selección natural en la evolución de estas bacterias? ¿Por qué son capaces de sobrevivir durante tanto tiempo en el permafrost?

Actividad 3. El origen de los carriceros.

Idea previa/obstáculo a superar: Pensamiento tipológico.

Desarrollo de la actividad: En primer lugar se proporciona una pequeña lectura, sobre la especie a tratar, el carricero común, y se les plantea una adivinanza, de manera que para averiguar la respuesta los estudiantes pueden formular preguntas siempre y cuando la respuesta sólo sea “sí”, “no” o “indiferente”.

Si, pasado un tiempo prudencial, no lo adivinan, se da como pista la regla de Bergman, y se aportan gráficas y tablas con datos biométricos de la especie. Dicha información se usará también para resolver otras cuestiones.

Adivinanza: ¿Cómo puedo intuir de qué lugar de Europa procede un ejemplar de carricero común que se captura en el sur de la península Ibérica si no tiene anilla?

Objetivos específicos		Valorar las especies como conjunto de individuos que pueden diferir en alguna de sus características y no son idénticos.
Criterios de evaluación		Aprecia la variabilidad intraespecífica.
LOE	Objetivos generales	Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias como la formulación de hipótesis. Comprender y expresar mensajes con contenido científico, utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas.
	Competencias básicas	Comunicación lingüística; competencia matemática; conocimiento e interacción con el mundo físico; tratamiento de la información.
LOMCE	Objetivos	Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí

		mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender. Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana textos y mensajes complejos.
	Estándares de aprendizaje	Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.
	Criterios de evaluación	Comprender los mecanismos de la evolución destacando la selección.
	Competencias	Comunicación lingüística; competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

Información:

El carricero común (*Acrocephalus scirpaceus*) es un pequeño pajarito, perteneciente a la familia de los sílvidos y típico de los humedales, toma su nombre del tipo de plantas donde hace su nido, el carrizo. Aunque es muy pequeño, podemos decir que su tamaño es variable, por ejemplo la longitud del ala se encuentra entre 60 y 70 mm y la del pico entre 12 y 16 mm. Se trata de un ave migratoria, durante la época de cría se distribuye por toda Europa, gran parte de Rusia, Arabia y Asia Menor, luego atraviesa Europa, el mar Mediterráneo y el Sáhara, para pasar el invierno en África tropical.

La biología del carricero común es bien conocida porque es una especie abundante dentro de su hábitat y resulta relativamente fácil trabajar con ella, ya que se presta a distintos tipos de estudios, como por ejemplo, el anillamiento científico de aves. El anillamiento consiste en capturar aves salvajes con trampas especiales, inocuas para los individuos, y marcarlos con una anilla metálica en la pata. La anilla que coloca a cada ave lleva una numeración específica de manera que cuando sea recapturada en otro lugar, se sabrá su procedencia, edad, y otros datos. Así, el carricero forma parte de numerosos estudios científicos en toda Europa, que usan como herramienta el anillamiento. Cada año se capturan en España para su anillamiento entre quince y veinte mil ejemplares.



Figura 1. Carricero común (*Acrocephalus scirpaceus*). Fuente: Ángela Ruiz Delgado.

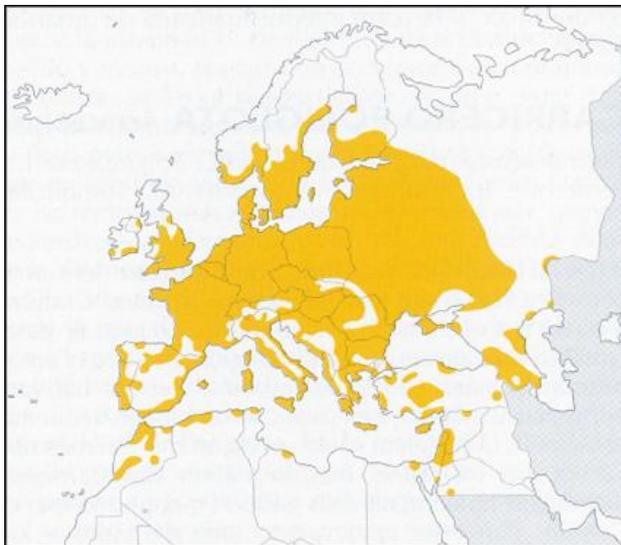


Figura 2. Distribución del carricero común durante los meses estivales. Fuente: *Guía de identificación de aves de Europa, Norte de África y próximo Oriente*.

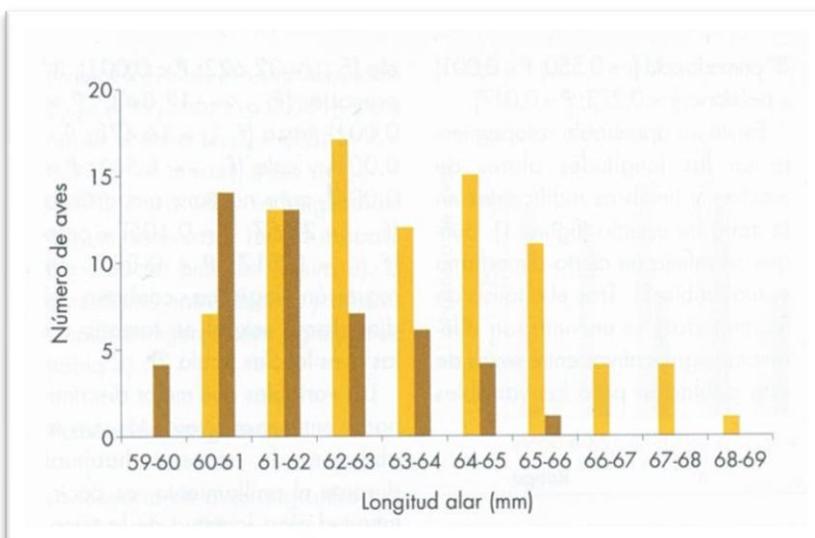
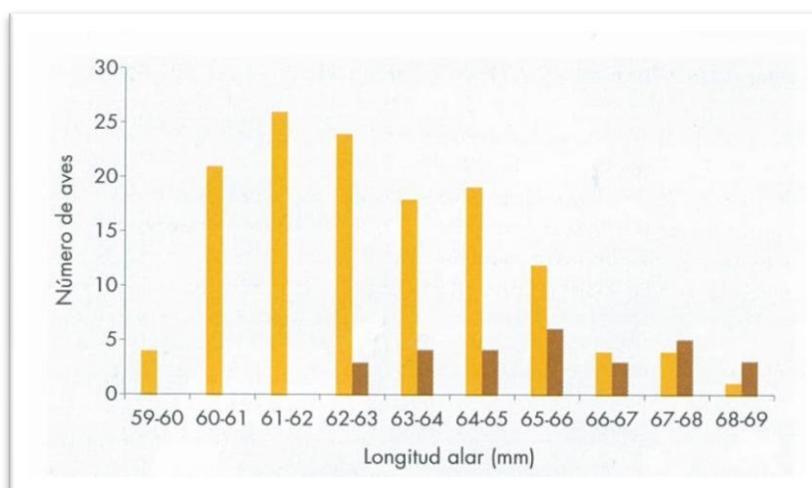


Figura 3. Distribución de frecuencias de la longitud alar en la población reproductora del carricero común en el Marjal del Moro (Valencia). Barras marrones: hembras; barras amarillas: machos. Fuente: Matilla, 2011.

Figura 4. Distribución de frecuencias de la longitud alar de carricero común en el Marjal del Moro. Barras amarillas: adultos reproductores; barras marrones: adultos migrantes. Fuente: Matilla, 2011.



Localidad-País	Media	Rango
		Ala (mm)
Valencia, España	62.29	59.0-68.3
Hamburgo, Alemania	66.6	62.9-71.0
Nowa Pasleka, Polonia	67.17	
Islas Baleares, España	64.8	63-68
Suffolk, Inglaterra	65.7	62-69
Kvismaren, Suecia	67.6	62-72
Crimea, Rusia.	67.7	66-70
Falsterbo, Suecia	67.6	
Lesvos, Grecia	66	69
		Tarso (mm)
Valencia, España	22.23	20.5-23.96
Nowa Pasleka, Polonia	23.17	
Lesvos, Grecia	22.6	21.0-23.9

Tabla 1. Valores medios y rango para las medidas de ala y tarso en el carricero común según zonas geográficas. Fuente: Matilla, 2011.

Cuestiones:

1. Utiliza la información recogida en la tabla 1 para marcar en el mapa de distribución del carricero (figura 1) las diferentes zonas geográficas, indicando el tamaño medio del ala.
Consejo: Este ejercicio te será útil para responder la siguiente pregunta.
2. Revisa todos los datos que se proporcionan, puedes observar que existe amplia variabilidad en el tamaño y la longitud del ala en el carricero

Banco de actividades

común, ¿la longitud media y el rango de valores son semejantes a lo largo de toda el área de distribución de la especie?

3. ¿Crees que la selección natural tiene algo que ver con el hecho de que individuos más norteños tengan alas mayores?

Pista: dado que es una especie migratoria, los individuos nacidos más al norte realizan viajes más largos.

Actividad 4. Variabilidad en las lavanderas.

Ideas previas y obstáculos a superar: Concepto de especie, pensamiento tipológico.

Desarrollo de la actividad: Esta actividad se plantea para trabajar por parejas o grupos de tres personas. Se reparte, a cada pareja o grupo, una ficha en las que se puede ver una composición de imágenes de aves. Las imágenes en la ficha serán de dos especies: la lavandera boyera (*Motacilla flava*) y la lavandera blanca (*Motacilla alba*), ambas especies muestran amplia variabilidad en cuanto al plumaje, y tienen varias subespecies en distintas zonas de Europa y norte de África.

Se pide a los estudiantes que respondan a una secuencia de preguntas, en las que en primer lugar tendrán que clasificar las aves por especies bajo su propio criterio, luego responder a unas preguntas en relación con las ilustraciones, leer un poema e interpretarlo y por último, deberán utilizar material que se les proporcionará para determinar de qué especies se trataba realmente.

Las láminas a aportar a los estudiantes para identificar las especies se pueden tomar de la guía de campo editada por Omega: “*Guía de Aves. España, Europa y región mediterránea*”, de Larss Svensson.

Objetivos específicos		Aprender el concepto de especie. Conocer la variabilidad intraespecífica e interespecífica.
Criterios de evaluación		Enuncia el concepto de especie, valorándola como un conjunto de individuos cuyas características son variables.
LOE	Objetivos generales	Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, como la formulación de hipótesis, el análisis de los resultados y la búsqueda de la coherencia global. Comprender y expresar mensajes con contenido científico, utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.
	Criterios de evaluación¹	
	Competencias básicas	Comunicación lingüística; conocimiento e interacción con el mundo físico; competencia cultural y artística; aprender a aprender.

LOMCE	Objetivos	Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal. Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.
	Criterios de evaluación²	
	Estándares de aprendizaje³	
	Competencias	Competencias básicas en ciencia; comunicación lingüística; conciencia y expresiones culturales; aprender a aprender.

¹ Dado que se trabaja variabilidad, esta actividad está directamente relacionada con el criterio de evaluación número 8 pero no se cumple por completo al no relacionar variabilidad con adaptación o selección natural.

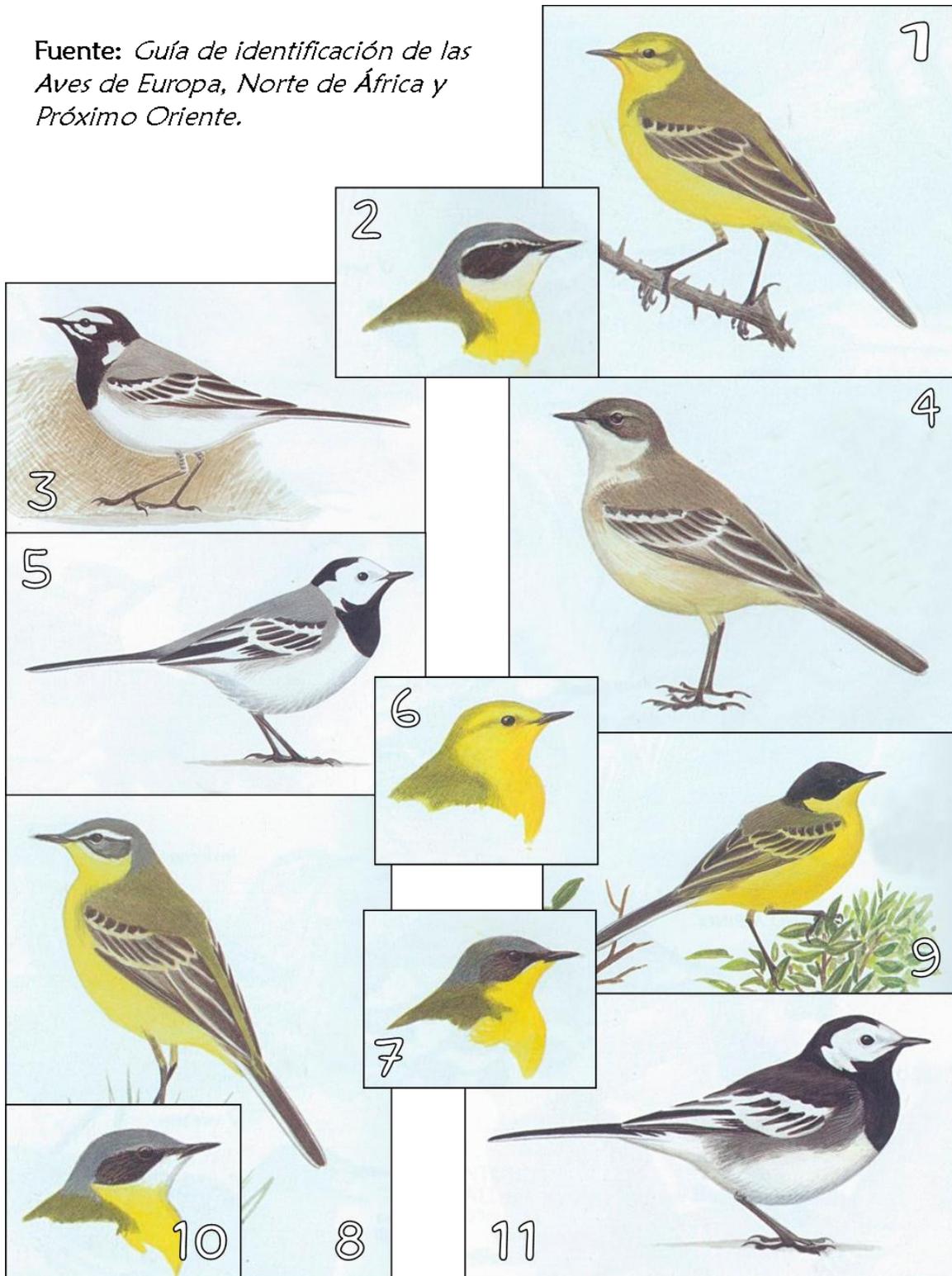
² Se relaciona con el criterio de evaluación número 17 del primer bloque pero no se trabaja por completo como en el caso anterior.

³ En cuanto al estándar de aprendizaje, esta propuesta se relaciona con el 17.1 cumpliéndolo sólo parcialmente.

Banco de actividades

En la composición podéis observar diferentes imágenes de aves. Debéis separarlas en grupos por especies, según vuestro propio criterio. Fuera de la época de cría es posible observar estas aves en diferentes zonas de Europa, muchas de ellas pasan el invierno en África. Consejo: observad el diseño del plumaje.

Fuente: *Guía de identificación de las Aves de Europa, Norte de África y Próximo Oriente.*



Preguntas:

1. ¿Cuántas especies diferentes creéis que hay en las ilustraciones? ¿En qué se parecen y en qué se diferencian?
2. ¿Qué criterio habéis seguido para hacer esos grupos? ¿Por qué ese y no otros diferentes?
3. Leed el poema a continuación. ¿De qué habla? ¿Por qué creéis que se llama "lavandera"? ¿A qué hacen referencia "el hielo" y "la cristalera"? ¿Por qué se refiere a la lavandera como "de invierno"? ¿Alguna vez habéis "asistido a esos misterios"?
4. ¿Hay diferentes diseños de plumaje dentro de la misma especie? ¿Por qué pertenecen a la misma especie si son diferentes? ¿Crees que es adecuado fijarse sólo en el aspecto para determinar si dos individuos son de diferente especie?
5. Volved a revisar las imágenes, ¿estáis seguros de la respuesta inicial? ¿Cuántas especies hay?
6. ¿Creéis que es posible el cruzamiento entre las aves amarillas? ¿Y entre las blancas? ¿Y entre las amarillas y las blancas? Argumentad las respuestas.
7. Usad la bibliografía que se aporta para identificar los ejemplares de las ilustraciones. ¿Cuántas especies hay realmente? ¿Cuáles son?

LAVANDERA DE INVIERNO

Lavandera de invierno que se inclina // sobre el riachuelo y rompe el hielo,
y el ruido de la rota cristalera // llena el solemne silencio matutino.

Luego ella alza aquella geometría tan pura // y transparente hacia el sol rojo
en sus ateridas manos, sus azulencas uñas, // sus dedos deformados, dolor propio,
ropa ajena, martirio y sacramento. // La blancura del lienzo en la mañana, luego.

Y tú has asistido a estos misterios.

José Jiménez Lozano

Actividad 5. Variabilidad en la cañadilla.

Idea previa/obstáculo a superar: Pensamiento tipológico.

Desarrollo de la actividad: Se proporcionan a cada estudiante un número de conchas de molusco (al menos veinticinco), pudiendo tratarse de especies comerciales, como la cañadilla (*Murex brandarius*), especie foco de esta propuesta.

Cada uno deberá medir en cada concha, con la ayuda de un calibre, el eje mayor y el eje menor (ver figura 1) y además, contar el número de tubérculos (protuberancias). Los datos obtenidos deben anotarse en una tabla (ver más abajo). Una vez medidas las conchas deberán resolver una serie de cuestiones, entre las cuales se encuentran representar gráficamente los resultados e interpretar estas gráficas.

Figura 1. Variables a medir en la concha de cañadilla (*Murex brandarius*).

Fuente: Ángela Ruiz Delgado



Ejemplar	Eje mayor (mm)	Eje menor (mm)	Nº tubérculos
1			
...			
25			

Tabla 1. Ejemplo de tabla que debe cumplimentar cada estudiante para recoger los datos de forma ordenada.

Objetivos específicos		Conocer la variabilidad intraespecífica. Aprender a tomar algunas medidas biométricas.
Criterios de evaluación		Aprecia la variabilidad intraespecífica. Maneja correctamente herramientas biométricas como el calibre.
LOE	Objetivos generales	Comprender y utilizar las estrategias de las ciencias de la naturaleza para interpretar fenómenos naturales. Obtener información sobre temas científicos usando distintas fuentes.
	Criterios de	

	evaluación¹	
	Competencias básicas	Competencia matemática; conocimiento e interacción con el mundo físico.
LOMCE	Objetivos	Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se nutre de distintas disciplinas.
	Criterios de evaluación	
	Estándares de aprendizaje	
	Competencias	Competencia matemática y competencias básicas en ciencias.

Cuestiones:

1. ¿Crees que habrá una relación entre el eje mayor y el eje menor? ¿Y entre el número de tubérculos y el tamaño de la concha? Compruébalo.
2. Representa gráficamente, en papel milimetrado, los valores obtenidos de eje mayor frente a los de eje menor. ¿Existe alguna relación entre ambas variables? En caso afirmativo, ¿cuál es? ¿Por qué crees que se produce esta relación? Para comprobar la respuesta a esta pregunta busca información acerca del crecimiento en caracoles.
3. Con los datos de la tabla forma una serie de intervalos, de la amplitud que consideres más apropiada, para cada una de las tres variables y ordénalos en una nueva tabla de este tipo:

Intervalo	Nº de individuos
(14 – 18)	
...	

Representa gráficamente los datos que acabas de incluir en las tres nuevas tablas. ¿Cuál es el intervalo en que hay mayor número de individuos? ¿Y menor?

¹ Los campos que aparecen en blanco se debe a que las actividades que se proponen no se ajustan directamente a los elementos del currículm mencionados.

Banco de actividades

4. En general, ¿has encontrado diferencias de tamaño entre los ejemplares medidos? ¿Ocurre lo mismo en otras especies? Menciona varios ejemplos. ¿A qué crees que se pueden deber estas diferencias?
5. La cañadilla es una especie comercial, y los ejemplares que has medido proceden de una pescadería. ¿Crees que los intervalos de tamaño con que has trabajado son los únicos que hay en la naturaleza? Busca información sobre la especie para confirmar tu respuesta a esta pregunta.

Actividad 6. La función de los órganos que no tienen función.

Ideas previas a superar: La evolución es direccional. “La función hace al órgano”.

Desarrollo de la actividad: Los estudiantes tendrán que hacer un pequeño trabajo de investigación: se les da una lista de características asociadas a cada especie, deberán plantear su hipótesis para responder a la pregunta ¿cuál es la función que tienen estos órganos o características en cada organismo? En segundo lugar, deben comprobar su respuesta, buscando información al respecto, y por último responderán a unas preguntas según la información que hayan recopilado.

Objetivos específicos		Comprender que la evolución no se dirige hacia ningún fin concreto y que los órganos no se desarrollan como consecuencia de una necesidad del individuo.
Criterios de evaluación		Valora la evolución como un cambio que no es direccional.
LOE	Objetivos generales	Obtener información sobre temas científicos usando distintas fuentes.
	Criterios de evaluación¹	
	Competencias básicas	Competencia en comunicación lingüística; conocimiento e interacción con el mundo físico; tratamiento de la información.
LOMCE	Objetivos	Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Comprender y expresar con corrección textos y mensajes complejos.
	Criterios de evaluación	Comprender los mecanismos de la evolución.
	Estándares de aprendizaje	
	Competencias	Comunicación lingüística; competencias básicas en ciencia.

ACTIVIDAD

A continuación tienes una lista de especies y una característica de cada una. ¿Cuál puede ser la función que tienen estos órganos o características en cada organismo?

¹¹ Los campos que aparecen en blanco se debe a que las actividades que se proponen no se ajustan directamente a los elementos del currículm mencionados.

Banco de actividades

- La uña en la gallineta (*Gallinula chloropus*).
- Las extremidades en el eslizón ibérico (*Chalcides bedriagai*).
- Las cámaras en *Nautilus*.
- Las alas en el cormorán áptero de las Galápagos (*Phalacrocorax harrisi*).
- El pelo en el cuerpo del elefante (*Loxodonta africana*).
- Las plumas en las aves.

Busca información para comprobar tus hipótesis. Responde a las siguientes preguntas:

-¿Las seis características tienen función conocida actualmente? ¿Crees que es posible que la tuvieran en el pasado, en otro momento de la historia natural de la especie? *Por si no se te ocurren las respuestas te doy unas pistas que te pueden ayudar a responder o a buscar información: a) En el grupo de los reptiles existen especies con cuatro patas (como los lagartos) y otras ápodas (como las serpientes); b) las aves comparten un antepasado común con los dinosaurios terópodos, que tenían plumas; c) existen muchas especies diferentes de cormoranes.*

-Aquellos que no tienen función en la actualidad pero en el pasado sí la tuvieron, ¿por qué ya no la tienen? ¿Y por qué siguen existiendo? Teniendo en cuenta lo que ya sabes sobre evolución, ¿qué puede haber ocurrido?

-¿Puede un órgano cumplir una función diferente de la que tenía cuando se desarrolló? ¿Por qué crees que puede pasar esto?

-Explica en cada uno de los seis ejemplos propuestos por qué existen esas características en la actualidad.

-Busca o propón más ejemplos de órganos o características que no tengan función.

Actividad 7. Los combatientes.

Ideas previas y obstáculos a superar: Concepto tipológico de especie. Evolución implica la supremacía del más fuerte

Desarrollo de la actividad: Actividad planteada para llevar a cabo por parejas o grupos de tres personas.

Se reparte, a cada pareja o grupo, una ficha donde se pueden ver diferentes imágenes de aves, todos los individuos son macho y pertenecen a la misma especie, el Combatiente (*Philomachus pugnax*), que tiene una gran variabilidad en cuanto al plumaje en la época reproductora. Lo que nuestros alumnos y alumnas deberán hacer en primer lugar es clasificar las imágenes por especies según su propio criterio. Se complementará con la proyección del vídeo enlazado más abajo, que les ayudará a extraer algunas conclusiones.

<https://www.youtube.com/watch?v=BYCsvZIL8iQ>

Luego tendrán que continuar respondiendo a una secuencia de preguntas en relación con las imágenes, además, deberán usar varias láminas, que se pueden tomar de la guía editada por Lynx “*Limícolas de Europa, Asia y Norteamérica*”, de Stephen Message y Don Taylor, para determinar las especies en la ficha y su sexo. Es importante mantener el orden en la secuencia de preguntas y plantearlas de manera progresiva.

Objetivos específicos		Aprender el concepto de especie. Conocer la variabilidad intraespecífica. Conocer la importancia de la selección sexual.
Criterios de evaluación		Enuncia el concepto de especie, valorándola como un conjunto de individuos cuyas características son variables. Reconoce el papel de la selección sexual en la evolución de las especies.
LOE	Objetivos generales	Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la formulación de hipótesis, el análisis de los resultados y la búsqueda de la coherencia global. Comprender y expresar mensajes con contenido científico, utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Obtener información sobre temas científicos usando

		distintas fuentes. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.
	Criterios de evaluación	Relacionar la evolución de los seres vivos con los mecanismos de selección natural que actúan sobre la variabilidad genética de cada especie.
	Competencias básicas	Conocimiento e interacción con el mundo físico; comunicación lingüística; tratamiento de la información.
LOMCE	Objetivos	Desarrollar y consolidar hábitos de trabajo en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje. Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana, textos y mensajes complejos.
	Criterios de evaluación	Comprender los mecanismos de la evolución destacando la importancia de la selección.
	Estándares de aprendizaje	Establece la relación entre variabilidad genética y selección natural.
	Competencias	Comunicación lingüística; competencias básicas en ciencia.

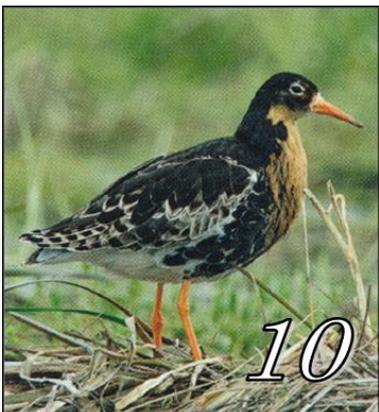
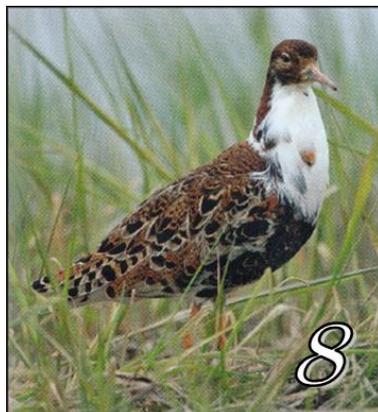
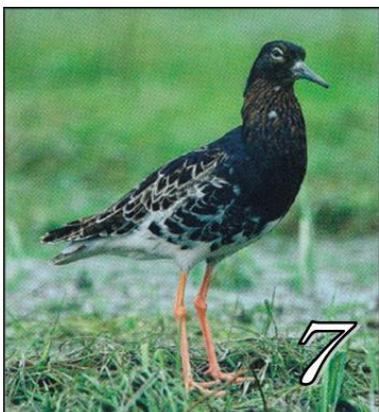
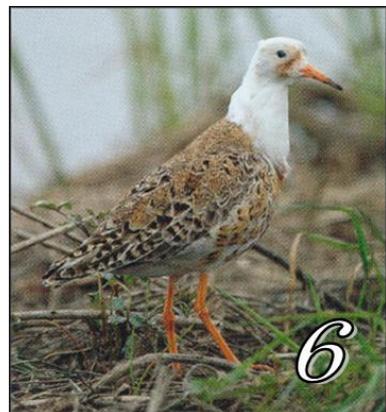
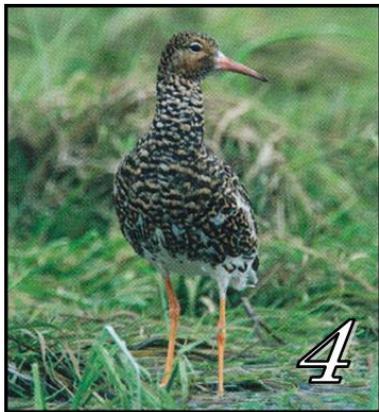
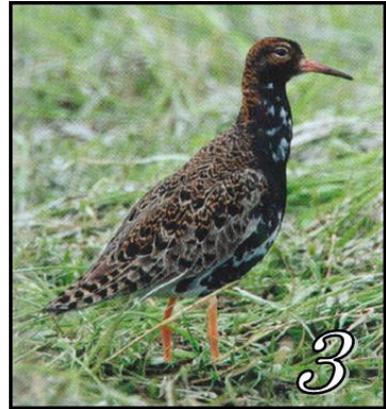
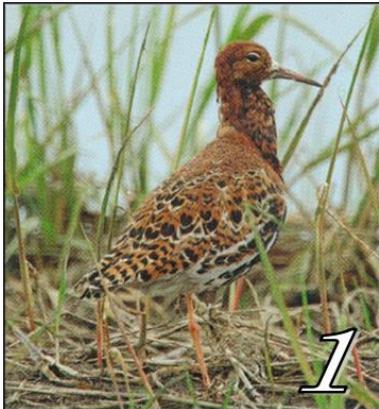
Cuestiones:

1. ¿Cuántas especies creéis que aparecen en las ilustraciones? ¿En qué se parecen y en qué se diferencian? ¿Todos los individuos, dentro de la misma especie, son iguales?
2. ¿En qué criterio os habéis basado para separar los grupos de especies? ¿Por qué ese criterio y no otros diferentes?
3. Los individuos que aparecen en el vídeo, ¿encajarían dentro de alguno de los grupos que habéis creado vosotros?
4. Usad la bibliografía que se aporta para determinar las especies. ¿Cuántas hay realmente? ¿Cuáles son? ¿Corresponden los datos que habéis encontrado con vuestras respuestas a las preguntas 1 y 3?

5. ¿Los machos y las hembras son iguales en cuanto a plumaje? ¿Seríais capaces de determinar el sexo de los ejemplares de la ficha? ¿Y de los que aparecen en el vídeo?
6. ¿Por qué creéis que el plumaje de la hembra es diferente al de los machos? Buscad información acerca de la biología reproductiva en estas aves: cómo es el cortejo, cómo se eligen las parejas, si se mantienen juntos, quién se encarga del cuidado de los huevos y pollos...Teniendo en cuenta la información que habéis recopilado, ¿por qué creéis que la selección natural ha favorecido el plumaje colorido en los machos y críptico en las hembras?
7. ¿Creéis que los machos son más susceptibles a la depredación debido a su colorido plumaje? En caso afirmativo, ¿cuál será el papel de la selección natural sobre este carácter, es decir, si es perjudicial, por qué la selección natural no lo elimina?
8. ¿Conocéis más casos en la naturaleza en los que alguna característica sea perjudicial para la supervivencia del individuo pero aumente su éxito reproductivo? Buscad más ejemplos de este fenómeno. ¿Por qué creéis que ocurre esto?

Banco de actividades

En la composición podéis observar diferentes imágenes de aves. Debéis separarlas en grupos por especies, según vuestro propio criterio. Fuente: *Shorebirds of the Northern Hemisphere*.



Actividad 8. Sembrar lechugas en sal.

Ideas previas a superar: Pensamiento tipológico. Mutaciones por necesidad.

Desarrollo de la actividad: Se trata de una actividad práctica, pensada para trabajar por grupos y a lo largo de varias sesiones. Previo a la experiencia práctica, cada grupo deberá responder algunas preguntas y plantear una hipótesis de partida, y después, completar otro cuestionario en el que analizarán los resultados y buscar posibles aplicaciones a lo que han estudiado.

Materiales:

- Semillas de lechuga, cuantas más tengamos mayor será la probabilidad de que encontremos algo interesante.
- Sal común.
- Bateas (pueden ser también bandejas de plástico de mesa).
- Probeta o jarra graduada.
- Papel absorbente.
- Lámina de plástico transparente para sellar y evitar que se seque el papel absorbente.

Desarrollo de la experiencia:

1. Disolvemos 3 gramos de sal (aproximadamente 1 cucharadita de té) en 500ml de agua.
2. Ponemos una capa de papel absorbente cubriendo todo el fondo de la bandeja
3. Humedecemos el papel absorbente con la solución salina que se ha preparado, hasta que quede completamente empapado.
4. Ponemos las semillas sobre el papel, cuidando de que queden separadas unas de otras y no en capas.
5. Cubrimos la bandeja con el plástico transparente, procurando que quede bien sellado.
6. Mantenemos la bandeja a temperatura ambiente. Para la lechuga son ideales 21°C.
7. Cada dos o tres días revisamos la bandeja, y volvemos a humedecer el papel absorbente con la solución salina.

8. Se podrán ver algunas semillas germinadas pasados unos quince días.

El diseño de esta propuesta se ha basado en la que aparece en la siguiente dirección:

<http://graficas.explora.cl/otros/librobio/lechugas.html>

	Objetivos específicos	Comprender la variabilidad intraespecífica y hacer notar que también existe en las plantas. Aprender que las mutaciones son arbitrarias y no responden a una necesidad individual.
	Criterios de evaluación	Aprecia la variabilidad intraespecífica. Valora que las mutaciones ocurren al azar y no como respuesta a una necesidad del individuo.
LOE	Objetivos generales	Utilizar estrategias y conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales. Aplicar estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la formulación de hipótesis, análisis de resultados y la consideración de aplicaciones. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje con propiedad. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas.
	Criterios de evaluación	Interpretar el papel de la diversidad genética y las mutaciones a partir del concepto de gen.
	Competencias básicas	Conocimiento e interacción con el mundo físico; competencia en comunicación lingüística; competencia para aprender a aprender.
LOMCE	Objetivos	Desarrollar hábitos de trabajo en equipo. Desarrollar la participación, el sentido crítico y la capacidad para aprender a aprender y asumir responsabilidades. Comprender y expresar con corrección textos y mensajes complejos.
	Criterios de evaluación	Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética.
	Estándares de aprendizaje	Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones.
	Competencias	Comunicación lingüística; competencias básicas en ciencia; aprender a aprender.

Antes de llevar a cabo la experiencia...

- ¿Qué creéis que va a ocurrir?
- ¿En qué tipo de medio se cultivan las lechugas habitualmente?
- ¿Podrán germinar las semillas en un medio tan salino? ¿Por qué?

Después de llevar a cabo la experiencia...

- ¿Qué ha ocurrido realmente? ¿Lo que esperabais?
- ¿Cuántas semillas han germinado? ¿Cuántas plántulas han crecido? Si esperamos mucho tiempo, ¿germinarán las que faltan? ¿Por qué?
- ¿Por qué no han germinado todas las semillas?, ¿qué diferencia hay entre las que sí lo han hecho y las que no? ¿Podría ser una mutación genética?
- ¿La sal provoca mutaciones en las células de las semillas o estas células ya tenían tales mutaciones?
- ¿Creéis que estas mutaciones pueden ser útiles? ¿Qué aplicaciones prácticas creéis que podrían tener?
- ¿Mediante qué procedimientos pueden obtenerse, de forma artificial, mutantes útiles como estos? ¿Estos mecanismos nos aseguran que todos los mutantes obtenidos sean de la utilidad que deseemos?
- Las plantas que se desarrollan en medios salinos, como *Salicornia*, ¿presentarían la misma respuesta que la lechuga a este experimento?

Actividad 9. “Parásitos que nos hacen más humildes (o deberían)”.

Ideas previas a superar: La evolución es direccional. Los organismos más complejos son los más evolucionados.

Desarrollo de la actividad: Los estudiantes deben visitar y leer dos entradas en blogs de divulgación de ciencias acerca de los parásitos¹, luego reflexionar sobre las lecturas y responder un cuestionario.

Las direcciones web son:

Lectura 1: <http://joseluiscastillo.las2conb.com/parasitos-que-nos-hacen-mas-humildes-o-deberian/>

Lectura 2: <http://lacienciaysusdemonios.com/2013/11/26/alteracion-de-la-conducta-humana-por-parasitos-y-el-libre-albedrio/>

Objetivos específicos		Apreciar que la evolución no es un proceso dirigido hacia un fin concreto. Comprender que los seres más sencillos no son “menos evolucionados”.
Criterios de evaluación		Valora la evolución como un proceso arbitrario, sin un fin dado. Reconoce que los organismos pueden ser más o menos complejos y no por ello son más o menos ‘evolucionados’.
LOE	Objetivos generales	Obtener información sobre temas científicos usando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje con propiedad. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar cuestiones científicas.
	Criterios de evaluación	Relacionar la evolución y la distribución de los seres vivos, destacando sus adaptaciones más importantes.
	Competencias básicas	Competencia en comunicación lingüística; conocimiento e interacción con el mundo físico; tratamiento de la información y competencia digital.
LOMCE	Objetivos	Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Comprender y expresar con corrección, oralmente textos y mensajes complejos
	Criterios de evaluación	Comprender los mecanismos de la evolución.

¹ Se incluyen los textos en las entradas de los blogs como anexos para mayor comodidad en la lectura del presente trabajo.

	Estándares de aprendizaje	Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.
	Competencias	Comunicación lingüística; competencias básicas en ciencias; competencia digital.

Cuestiones:

-*Toxoplasma* es un protozoo, un organismo muy sencillo, ¿crees que las formas de vida más sencillas son menos evolucionadas que las más complejas? ¿Es *Toxoplasma* menos evolucionado que los ratones? ¿Y menos evolucionado que los humanos? ¿A qué se refiere el autor cuando dice que estos parásitos deberían hacernos más humildes?

-¿Por qué se dice, en el primer texto, que los parásitos han encontrado las sustancias que modifican el cerebro “por azar”? ¿La evolución actúa al azar?

-¿Qué quiere decir el autor, en el segundo, texto en la frase “bastantes parásitos se han especializado en alterar el funcionamiento del sistema nervioso como estrategia de evasión”? ¿Y en la frase “muchos microorganismos patogénicos han desarrollado estrategias de evasión o enmascaramiento para no ser detectados y combatidos adecuadamente por parte de las defensas del organismo hospedador”? ¿Los parásitos pueden especializarse y desarrollar estrategias, o más bien estas estrategias surgen de forma arbitraria en las mutaciones y se seleccionan por resultar ventajosas en un ambiente dado? ¿Son correctas estas expresiones? Reescríbelas de manera que se ajusten a la teoría de la evolución por selección natural. Explica cómo la selección natural habrá favorecido estas estrategias.

-Se comenta en las entradas que el caracol parasitado se coloca en lugares en que es más visible para posibles depredadores, y los ratones pierden el miedo a los gatos ¿qué ventajas evolutivas tendrán para los parásitos estos comportamientos en sus hospedadores?

-En el caso de los humanos, ¿por qué resultaría perjudicial el no tener miedo?

Banco de actividades

-¿Cómo crees que habrá evolucionado el mecanismo que tienen estos parásitos para evadir el sistema inmune de los hospedadores? ¿Y el mecanismo de *Toxoplasma* que aumenta las probabilidades de los ratones de ser depredados por gatos?

-¿Por qué *Toxoplasma* puede producir trastornos en la personalidad en portadores asintomáticos? ¿Se trata de una adaptación?

Actividad 10. ¿Tendría Darwin sentido del humor?

Idea previa a superar: El lenguaje oculto acerca de la evolución, adaptación, etc. que refuerza las ideas previas y los errores de concepto.

Desarrollo de la actividad: Se aportan una serie de imágenes variadas extraídas de webs de humor gráfico, todas ellas ilustran chistes sobre la evolución, la selección natural o Darwin, y todas, aunque puedan parecer divertidas encierran errores de concepto. Podemos pedir a nuestros estudiantes que encuentren el error en cada imagen y lo justifiquen; y en aquellas en que sea posible, decidan entre lamarckismo, darwinismo y creacionismo.

Otra opción es aportar las imágenes y plantear unas preguntas para tratarlas de manera más dirigida. Ejemplo: **Figura 3.** ¿Pueden los individuos decidir evolucionar? ¿Y ser conscientes de este proceso? ¿Son capaces de adaptarse y desarrollar órganos? ¿Cómo encaja esto con la selección natural? Reescribe la historia evitando los errores.

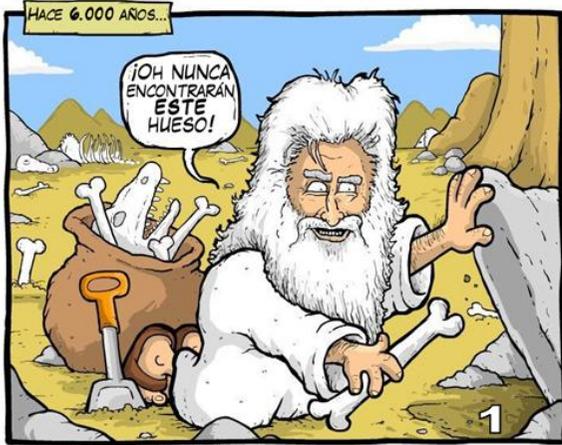
Objetivos específicos		Comprender que los individuos no se adaptan al medio en que viven. Apreciar que la aparición de especies nuevas no siempre implica la desaparición de las antecesoras.
Criterios de evaluación		Valora que los individuos no se adaptan a su medio para mejorar. Reconoce que la aparición de una nueva especie no descarta las antecesoras.
LOE	Objetivos generales	Utilizar conceptos básicos de las ciencias para interpretar fenómenos naturales.
	Criterios de evaluación¹	
	Competencias básicas	Conocimiento e interacción con el mundo físico; aprender a aprender; competencia cultural y artística.
LOMCE	Objetivos	
	Criterios de evaluación	Comprender los mecanismos de la evolución.

¹ Los campos que aparecen en blanco se debe a que las actividades que se proponen no se ajustan directamente a los elementos del currículm mencionados.

	Estándares de aprendizaje	
	Competencias	Competencias básicas en ciencia; aprender a aprender; conciencia y expresiones culturales.

Fuente de las imágenes

Figuras 1 y 8: visitamitumblr.com; **figura 2:** demetcomics.com; **figuras 3, 4, 5:** elguindilla.com; **figura 6:** diasconredfox.com; **figura 7:** pleatedjeans.com



Trad. visitamitumblr.tumblr.com

Fuente: visitamitumblr.com



TRAD. ELGUINDILLA.COM

www.piecomic.com

Fuente: elguindilla.com

ERRORES DE DISEÑO EN LOS DINOSAURIOS según DEMETCOMICS



©formalsweatpants.com



demetcomics.com

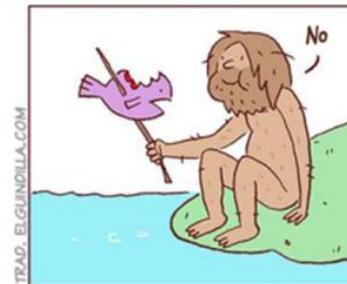
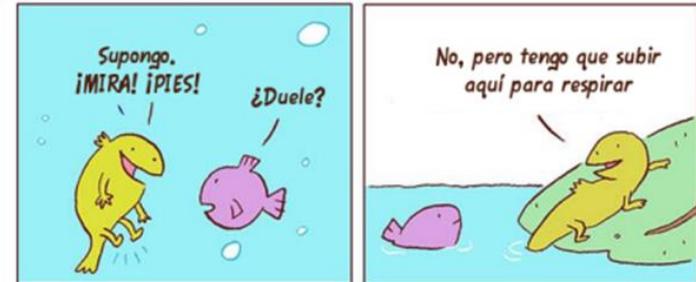
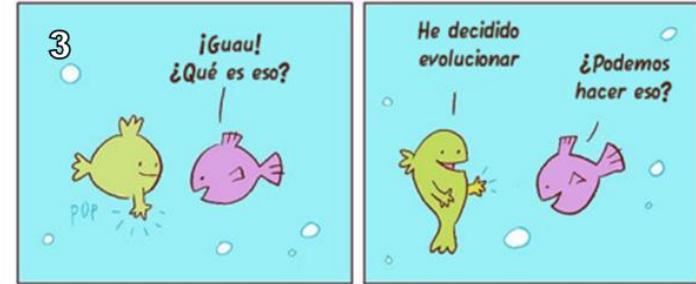
Fuente: demetcomics.com



wronghands1.wordpress.com

© John Atkinson, Wrong Hands

Fuente: elguindilla.com



TRAD. ELGUINDILLA.COM

© Juan Luis Sánchez

Fuente: elguindilla.com



Fuente: diasconredfox.com



“Yo sólo digo, si venimos de los lobos, ¿por qué siguen existiendo lobos?”

Fuente: pleatedjeans.com



Fuente: visitamitumblr.com

Conclusiones

A tenor de lo descrito en introducción y justificación, queda claro que existe una problemática sobre la enseñanza de la evolución en Secundaria. Quizá no se está valorando lo suficiente, ni está siendo realmente asimilada por los estudiantes, quienes muestran frecuentemente ideas erróneas al ser preguntados.

Y es de ahí de donde surge este trabajo acerca de la evolución, que está enfocado a motivar al alumnado y a movilizar sus errores de concepción previos con la idea de corregirlos. Somos conscientes de que habrá muchos alumnos y muchas alumnas a quienes no les gusten estas propuestas, es inevitable dejarse a alguien en el camino. Pero aquí está el reto, y eso es lo que hace que esta profesión sea tan estimulante: el intentar llegar al mayor número de personas posible.

Se han propuesto seis objetivos ambiciosos, entre ellos mejorar la motivación en el alumnado, hacer actividades que llamen su atención y hacerles comprender la evolución partiendo de sus ideas previas. Para escribir unas auténticas conclusiones, para saber si se han cumplido estos objetivos, habría que haberlas llevado a la práctica. Lamentablemente esto no ha sido posible por no coincidir las fechas de prácticas y la entrega del trabajo. No obstante, esperamos que se puedan implementar en el futuro, sobre todo si se le da la difusión adecuada entre el profesorado de Secundaria a este Trabajo Fin de Máster. De hecho, su dirección ha sido conjunta con una profesora de Secundaria, lo que tiene notables implicaciones de cara a su difusión en estos círculos.

Escribir este trabajo ha supuesto, además de mucho esfuerzo, un gran reto y toda una experiencia, al ser este máster mi primer contacto con la

Conclusiones

didáctica. Pero también ha sido muy gratificante, incluso divertido a veces, y es inestimable todo lo aprendido.

Sólo espero poder llevarlo al aula algún día. Esta es mi aportación, queda mucho por hacer, pero vamos pasito a pasito, y creo haber puesto mi granito de arena.

Referencias

- Athanasiou, K., Katakos, E. & Papadopoulou, P. (2012). Conceptual ecology of evolution acceptance among Greek education students: the contribution of knowledge increase. *Journal of Biological Education*, 46 (4), 234-241.
- Barberá, Ó.; Sanchis, J. M. & Sendra, C. (2011). La evolución biológica en los libros de texto españoles de educación secundaria y bachillerato. Situación actual. *Revista de educación en Biología*, 14 (1), 23-34.
- Bermúdez, G. (2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (1), 66-90.
- BouJaoude, S.; Wiles, J.; Asghar, A. & Alters, B. (2011). Muslim Egyptian and Lebanese Students' Conceptions of Biological Evolution. *Science & Education*, 20, 895-915.
- Darwin, C. (1983). *El origen de las especies ilustrado. Versión abreviada e introducción de Richard E. Leaky*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Fernández, J. & 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.
- Gándara Gómez, M.; Gil, M. J. & Sanmartí, N. (2002). Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 303-314.
- 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.
- Grau, R. & de Manuel, J. (2002). Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique*, 32, 56-64.
- Jiménez-Tejada, M.P. (2009). Los conceptos de población y especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas. (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Granada.
- Jiménez-Tejada, M.P.; Cristina Sánchez-Monsalve, C. & González-García, F. (2013). How Spanish primary school students interpret the concepts of population and species. *Journal of Biological Education*, 47 (4), 232-239.

Referencias y bibliografía

- Martinez, C. (2005). Ciencia para todos. La transmisión del darwinismo a través de la enseñanza obligatoria. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*, 100 (1-4), 169-185.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología*. Buenos Aires: Katz.
- Merino, G. (2011). *Tratamiento de los conceptos de individuo, población y especie en los libros de texto de Secundaria*. (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Granada. Granada.
- Mpeta, M.; de Villiers, J.J.R. & Fraser, W.J. (2015). Secondary School Learners' Response to the Teaching of Evolution in Limpopo Province, South Africa. *Journal of Biological Education*, 49 (2), 150-164.
- Schaefer, J. A. (2006). Towards maturation of the population concept. *Oikos*, 112, 236-240.
- UICN. (2010). Acerca de la biodiversidad. Recuperado de https://www.iucn.org/es/aib/acerca_de_la_biodiversidad/ el 17 de junio de 2015.

Bibliografía usada para las actividades

- Accidente de Chernóbil (2015), en Wikipedia, recuperado el 5 de abril de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Accidente_de_Chern%C3%B3bil
- Aladro, E. (2015). Los poemas y los pájaros: alfabetización animal. Recuperado de http://www.eldiario.es/caballodenietzsche/poemas-pajaros_6_367873241.html
- Arenos, M. (2014). *Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758). Recuperado de <http://conchasymas.blogspot.com.es/2014/04/bolinus-brandaris-linnaeus-1758.html>
- ArgenBio. (2007). La biotecnología y el mejoramiento vegetal. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología, recuperado de: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=316>
- Ateo666666 (2013). Alteración de la conducta humana por parásitos y el libre albedrío. Recuperado de <http://lacienciaysusdemonios.com/2013/11/26/alteracion-de-la-conducta-humana-por-parasitos-y-el-libre-albedrío/>
- Beaman, M. & Madge, S. (1998). *Guía de identificación de aves de Europa, Norte de África y Próximo Oriente*. Barcelona: Omega.

Referencias y bibliografía

- Bologna, P. (2009). Uso de radiación x como herramienta para el mejoramiento en el género ornamental *Calibrachoa (Solanaceae)*. (Tesis para la obtención del grado académico de de Magíster en Genética Vegetal). Universidad Nacional del Rosario, Argentina.
- Castillo, J.L. (2014). Parásitos que nos hacen más humildes (o deberían). Recuperado de <http://joseluiscastillo.las2conb.com/parasitos-que-nos-hacen-mas-humildes-o-deberian/>
- Chandler, R. (2009). *Shorebirds of the Northern Hemisphere*. Londres: Christopher Helm.
- Fernández, R. (2012). El río Tinto y sus asombrosos organismos extremófilos. Recuperado de <http://cienciaylocura.net/2012/03/13/el-rio-tinto-y-sus-asombrosos-organismos-extremofilos/>
- Fósil viviente, (2015) en Wikipedia. Recuperado el 13 de mayo de 2015 de http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3sil_viviente
- Harrison, C. (1991). *Guía de campo de los nidos, huevos y polluelos de las aves de España y Europa*. Barcelona: Omega.
- Lal, J. P. & Tomer, A. K. (2009). Genetic enhancement of lentil (*Lens culinaris*) for drought tolerance through induced mutations. En Proceedings of an International Joint FAO/IAEA Symposium, Simposio llevado a cabo en Viena, Austria.
- Madigan, M., Martinko, J., & Parker, J. (2004). *Biología de los microorganismos*. Madrid. Pearson.
- Matilla, M. (2011). Estudio biométrico de las poblaciones local y migrante de carricero común (*Acrocephalus scirpaceus*) en un humedal costero del Este de España (Marjal del Moro, Sagunto, Valencia). *Revista de anillamiento*, 27, pp.14-26.
- Message, E. & Taylor, D. (2006). *Limícolas de Europa, Asia y Norte América*. Barcelona: Lynx Edicions.
- Mikulka, S. [Stephanek] (2012). Bojovníci severu - jespák bojovní (*Philomachus pugnax*) [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=BYCsvZIL8iQ>
- Nakagawa, H. (2009). Induced mutations in plant breeding and biological researches in Japan. En Proceedings of an International Joint FAO/IAEA Symposium, Simposio llevado a cabo en Viena, Austria.
- Nehnevajova, E.; Herzig, R.; Schwitzguébel, J. P. & Schmölling, T. (2009). Sunflower mutants with improved growth and metal accumulation traits show a potential for soil decontamination. En Proceedings of an International Joint FAO/IAEA Symposium, Simposio llevado a cabo en Viena, Austria.

Referencias y bibliografía

Oyanedel, E. (2004). Mutaciones: fallas útiles para la agricultura. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Recuperado de <http://graficas.explora.cl/otros/librobio/lechugas.html>

Phalacrocorax harrisi, (2015) en Wikipedia. Recuperado el 29 de mayo de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Phalacrocorax_harrisi

SEO/BirdLife Consulta de dato de anillamiento en <http://anillamientoseo.org/> consultado el 4 de abril de 2015.

Svensson, L., Mullarney, K., Zetterstrom, D. & J. Grant, J. (2003). *Guía de Aves*. Barcelona: Omega.

Tristán, R. (2007). Hallan las bacterias vivas más antiguas. Recuperado de <http://www.elmundo.es/elmundo/2007/08/29/ciencia/1188371943.html>

Vasconcelos, P.; Pereira, A.; Constantino, R.; Barroso, C., y Gaspar, M. (2012). Growth of the purple dye murex, *Bolinus brandaris* (Gastropoda: Muricidae), marked and released in a semi-intensive fish culture earthen pond. *Scientia Marina*, 76 (1), 67-78.

Legislación

Real decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Fuente de las imágenes usadas en la actividad 10

Figuras 1 y 8: visitamitumblr.com; figura 2: demetcomics.com; figuras 3, 4, 5: elguindilla.com; figura 6: diasconredfox.com; figura 7: pleatedjeans.com

Consultado el 14 de junio de 2015

Anexo I

SOBREVIVEN MÁS DE MEDIO MILLÓN DE AÑOS EN EL 'PERMAFROST'

Hallan las bacterias vivas más antiguas

ROSA M. TRISTÁN

MADRID.- Una bacteria ha logrado mantenerse viva durante más de medio millón de años bajo el hielo, gracias a **un mecanismo biológico que le ha permitido reparar su ADN durante todo este tiempo**. Nunca antes se había encontrado un organismo activo con semejante antigüedad y su descubrimiento abre la puerta a nuevas posibilidades de que haya vida en planetas como Marte, en condiciones igualmente extremas, a la mejor comprensión del envejecimiento celular o a la búsqueda de nuevas vías para conservar ADN de especies en extinción.

El descubrimiento, publicado en la revista *Proceedings of the National Academy of Science* (PNAS), fue realizado en muestras de **permafrost** (como se denomina la superficie que siempre permanece congelada) conseguidas en Siberia, Canadá y la Antártida por un grupo de científicos dirigidos por Eske Willerslev, de la Universidad de Copenhague.

No era la primera vez que se intentaba encontrar materia viva del pasado remoto que se mantuviera en letargo, pero los fragmentos de ADN que se habían localizado eran demasiado pequeños dado que cuando las células mueren, se dividen. Sin embargo, este grupo logró aislar gran cantidad ADN de una '**Actinobacteria**' **cuyas células seguían activas**. "Hemos encontrado un método que hace posible la extracción y aislamiento de restos de ADN de células activas. Esto da una mayor precisión a la imagen de la vida del pasado y la evolución hasta el presente ya que nos centramos en células que aún tienen una función metabólica, y no de células muertas cuya función ha cesado", argumenta Willerslev en un comunicado. Para que no hubiera riesgo de contaminación, su equipo contrastó los resultados en tres laboratorios distintos.

De momento, los científicos no han averiguado cómo funciona el mecanismo de la continua **reparación genética del microorganismo**, pero creen que las células sobrevivieron comiendo nutrientes como el nitrógeno o el fósforo, atrapados en el permafrost.

"Aún queda un largo camino de trabajo, pero confío en que nuestro método ayude a comprender por qué algunas células llegan a vivir tanto. Es interesante ver cómo se restauran y se conservan. Además, puede servir para averiguar si alguna vez **hubo vida en Marte** tal como la entendemos en la Tierra porque allí la temperatura es más fría y estable, con lo cual el entorno aún es mejor para este tipo de vida", asegura el científico. "Hasta ahora sabíamos que era necesario comer para vivir, pero no cuánto se podía estar vivo", añade.

Anexo II

REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria

4º E.S.O. Biología y Geología, criterios de evaluación

1. Identificar y describir hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante y registrar algunos de los cambios más notables de su larga historia utilizando modelos temporales a escala. Se pretende evaluar la capacidad del alumnado para reconocer la magnitud del tiempo geológico mediante la identificación de los acontecimientos fundamentales de la historia de la Tierra en una tabla cronológica y, especialmente, a través de la identificación y ubicación de los fósiles más representativos de las principales eras geológicas y de otros registros geológicos tales como la datación estratigráfica, los tipos de rocas, las cordilleras y procesos orogénicos o las transgresiones y regresiones marinas.

2. Utilizar el modelo dinámico de la estructura interna de la Tierra y la teoría de la Tectónica de placas para estudiar los fenómenos geológicos asociados al movimiento de la litosfera y relacionarlos con su ubicación en mapas terrestres. Se trata de evaluar la capacidad del alumnado para aplicar el modelo dinámico de la estructura interna de la Tierra y la teoría de la tectónica de placas en la explicación de fenómenos aparentemente no relacionados entre sí, como la formación de cordilleras, la expansión del fondo oceánico, la coincidencia geográfica de terremotos y volcanes en muchos lugares de la Tierra, las coincidencias geológicas y paleontológicas en territorios actualmente separados por grandes océanos, etc. También se debe comprobar si es capaz de asociar la distribución de sismos y volcanes a los límites de las placas litosféricas en mapas de escala adecuada, y de relacionar todos estos procesos.

3. Aplicar los postulados de la teoría celular al estudio de distintos tipos de seres vivos e identificar las estructuras características de la célula procariótica, eucariótica vegetal y animal, y relacionar cada uno de los elementos celulares con su función biológica. El alumnado ha de reconocer, empleando las técnicas adecuadas, la existencia de células en distintos organismos. Se trata de evaluar si es capaz de identificar las estructuras celulares en dibujos y microfotografías, señalando la función de cada una de ellas. Asimismo, debe entender la necesidad de coordinación de las células que componen los organismos pluricelulares.

4. Reconocer las características del ciclo celular y describir la reproducción celular, señalando las diferencias principales entre meiosis y mitosis, así como el significado biológico de ambas. Se trata de comprobar que el alumnado reconoce la mitosis como un tipo de división celular asexual necesaria en la reproducción de los organismos unicelulares y que asegura el crecimiento y reparación del cuerpo en los organismos pluricelulares. También debe explicar el papel de los gametos y de la meiosis en la reproducción sexual. Se trata de comparar ambos tipos de división celular respecto al tipo de células que la sufren, a su mecanismo de acción, a los resultados obtenidos y a la importancia biológica de ambos procesos. Se puede considerar la utilización e interpretación de dibujos esquemáticos, modelos de ciclos celulares o fotografías de cariotipos.

5. Resolver problemas prácticos de Genética en diversos tipos de cruzamientos utilizando las leyes de Mendel y aplicar los conocimientos adquiridos en investigar la transmisión de determinados caracteres en nuestra especie. Se pretende evaluar si el alumnado es capaz de diferenciar los conceptos básicos de genética y resolver problemas sencillos sobre la transmisión de caracteres hereditarios calculando porcentajes genotípicos y fenotípicos de los descendientes y reconociendo en estos resultados su

carácter aleatorio. Se ha de valorar, asimismo, si aplica estos conocimientos a problemas concretos de la herencia humana, como la hemofilia, el daltonismo, factor Rh, color de ojos y pelo, etc.

6. Conocer que los genes están constituidos por ADN y ubicados en los cromosomas, interpretar el papel de la diversidad genética (intraespecífica e interespecífica) y las mutaciones a partir del concepto de gen y valorar críticamente las consecuencias de los avances actuales de la ingeniería genética. Se pretende comprobar si el alumnado explica que el almacenamiento de la información genética reside en los cromosomas, interpreta mediante la teoría cromosómica de la herencia las excepciones a las leyes de Mendel y conoce el concepto molecular de gen, así como la existencia de mutaciones y sus implicaciones en la evolución y diversidad de los seres vivos. Se debe valorar también si utiliza sus conocimientos para crearse un criterio propio acerca de las repercusiones sanitarias y sociales de los avances en el conocimiento del genoma y analizar, desde una perspectiva social, científica y ética, las ventajas e inconvenientes de la moderna biotecnología (terapia génica, alimentos transgénicos, etc.).

7. Exponer razonadamente los problemas que condujeron a enunciar la teoría de la evolución, los principios básicos de esta teoría y las controversias científicas, sociales y religiosas que suscitó. El alumnado debe conocer las controversias entre fijismo y evolucionismo y entre distintas teorías evolucionistas como las de Lamarck y Darwin, así como las teorías evolucionistas actuales más aceptadas. Se trata de valorar si el alumnado sabe interpretar, a la luz de la teoría de la evolución de los seres vivos, el registro paleontológico, la anatomía comparada, las semejanzas y diferencias genéticas, embriológicas y bioquímicas, la distribución biogeográfica, etc.

8. Relacionar la evolución y la distribución de los seres vivos, destacando sus adaptaciones más importantes, con los mecanismos de selección natural que actúan sobre la variabilidad genética de cada especie. Se trata de valorar si el alumnado sabe interpretar, a la luz de la teoría de la evolución, los datos más relevantes del registro paleontológico, la anatomía comparada, las semejanzas y diferencias genéticas, embriológicas y bioquímicas, la distribución biogeográfica y otros aspectos relacionados con la evolución de los seres vivos.

9. Explicar cómo se produce la transferencia de materia y energía a largo de una cadena o red trófica concreta y deducir las consecuencias prácticas en la gestión sostenible de algunos recursos por parte del ser humano. Se trata de valorar si el alumno es capaz de relacionar las pérdidas energéticas producidas en cada nivel con el aprovechamiento de los recursos alimentarios del planeta desde un punto de vista sustentable (consumo de alimentos pertenecientes a los últimos niveles tróficos) y las repercusiones de las actividades humanas en el mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas (desaparición de depredadores, sobreexplotación pesquera, especies introducidas, etc.).