

Análisis de las hipótesis evolutivas en alumnos de Educación Secundaria y Bachillerato

Alicia Gallego Jiménez y Alberto Muñoz Muñoz

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación-Centro de Formación del Profesorado. Universidad Complutense de Madrid, España. E-mails: aliciagj@gmail.com, alberto.munoz.munoz@edu.ucm.es

Resumen: En este trabajo se analizan las hipótesis sobre evolución biológica en alumnos de cuarto de Educación Secundaria Obligatoria y de primero de Bachillerato a partir de un cuestionario abierto que permite categorizar las respuestas en función de su vinculación con diferentes teorías evolutivas. Los resultados muestran que las interpretaciones lamarckistas dominan en Educación Secundaria, mientras que en Bachillerato lo hacen las darwinistas y neodarwinistas. Sin embargo, en Bachillerato aún se observa un porcentaje significativo de alumnos con pensamiento lamarckista, y la coexistencia de ambas teorías evolutivas. Muchos alumnos, especialmente los de Educación Secundaria, tienen dificultades para relacionar los procesos evolutivos con los factores genéticos, así como para comprender el concepto evolutivo de especie. Aunque el estudio de la evolución permite un cambio conceptual claro entre Educación Secundaria y Bachillerato, la persistencia de algunas ideas erróneas pone de manifiesto las dificultades que entraña el proceso de enseñanza-aprendizaje de este tema y la necesidad de seguir investigando en esta dirección con el fin de adaptarse a las necesidades y capacidades de los alumnos. Dada la vinculación de la evolución con múltiples aspectos de la biología, proponemos investigar en el diseño de nuevas metodologías que fomenten la conexión entre diferentes disciplinas, cursos y asignaturas de ciencias de la naturaleza para relacionar conceptos aparentemente alejados y construir un aprendizaje significativo sobre la evolución.

Palabras clave: ideas previas, biología, evolución, genética, especie, lamarckismo, darwinismo, selección natural, educación secundaria, bachillerato.

Abstract: In this work we analyze the hypotheses about biological evolution by students of fourth level of Secondary Education and first level of Bachillerato using an open questionnaire that allows categorizing their answers according to different evolutionary theories. The results show that Lamarckian interpretations are widespread among students of compulsory secondary education, whereas in not compulsory secondary education the most common conceptions are Darwinists and Neodarwinists. However, in Bachillerato we still observed a significant proportion of students that maintain Lamarckian perspectives, sometimes coexisting together with Darwinian interpretations. Most students, especially in Secondary Education, have difficulties to relate evolution and genetics, and also for understanding the evolutionary concept of species. Although the study of evolution provides the conceptual change expected from Secondary Education to

Bachillerato, the persistence of some misconceptions evidences the difficulties involved in the teaching-learning process of this topic, and the need to carry out further investigations to cope with students' difficulties and capacities. Given that evolution is highly related with many aspects of Biology, we propose to investigate on new methodologies aimed at linking different units, subjects and levels in order to relate apparently distant concepts and to build a meaningful learning of evolution.

Keywords: pre-concepts, biology, evolution, genetics, species, lamarckism, darwinism, natural selection, compulsory secondary education, not compulsory secondary education.

Introducción

La evolución es un tema clave dentro del estudio de las ciencias naturales en general, y de la biología en particular, porque incluye múltiples aspectos tratados a lo largo de diferentes etapas educativas, como la diversidad y clasificación de los seres vivos, la dinámica terrestre, la genética o la ecología (Bernedo 2011). Bishop y Anderson (1985) aseguraban hace tiempo que la comprensión de la biología es incompleta sin la comprensión de la evolución. Actualmente, el estudio de la evolución forma parte del currículo oficial de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) y la de Bachillerato (Ley Orgánica 2/2006 de Educación, y Órdenes ECI/2220/2007 y ESD/1729/2008).

Abordar la evolución no resulta sencillo desde el punto de vista pedagógico. Trabajos previos muestran que los alumnos pre-universitarios presentan multitud de ideas erróneas, que persisten incluso en los alumnos universitarios de ciencias (Jiménez y Fernández, 1989). Prueba de ello es la cantidad de investigaciones que se han llevado a cabo en los últimos años, donde se recogen diversos planteamientos que van, desde el estudio de las causas, hasta las posibles soluciones metodológicas y pedagógicas relacionadas con este tema (Ayuso y Banet, 2002; Bernedo, 2011). En este sentido, aunque cada vez se conocen mejor los errores conceptuales que aparecen con más frecuencia entre los alumnos y sus posibles orígenes, existen todavía grandes dificultades a la hora de interpretar estos datos y saber cómo incorporar estas investigaciones en la didáctica rutinaria de las ciencias, a fin de disminuir la recurrencia en estos errores conceptuales entre los estudiantes (Campanario y Otero, 2000). Además, la teoría de la evolución, aceptada formalmente por la comunidad científica, no goza de la misma popularidad en un sector importante de la población. En algunos países cuyo grado de desarrollo científico-tecnológico supera ampliamente el de la media, aún existen dificultades para aceptar estas teorías (Miller *et al.*, 2006). El 75% de la población española acepta la teoría de la evolución, mientras que un 25% tiene dudas o la rechaza por completo (Miller *et al.*, 2006). Profundizar, por tanto, en el estudio de la evolución desde colegios e institutos, es importante en la aceptación de estas teorías y la integración de los hechos y modelos, propuestos desde la ciencia, en el conjunto de la sociedad. La investigación pedagógica resulta de enorme importancia ya que puede facilitar esta tarea, al darnos pistas acerca de cómo mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución en las diferentes etapas educativas (Campanario y Otero 2000).

Muchos autores (Jiménez y Fernández, 1989; Gené, 1991; Jiménez Aleixandre, 1991; Ayuso y Banet, 2002; Carrascosa 2005; Bernedo, 2011) coinciden en señalar como ideas previas más comunes sobre evolución las concepciones lamarckistas, entendiéndolas como explicaciones del cambio evolutivo basadas en las necesidades impuestas por el medio, la voluntad de los organismos que lleva hacia un perfeccionamiento continuo, el uso/desuso de los órganos o la herencia de los caracteres adquiridos. Son concepciones con un marcado carácter finalista y vitalista que chocan con los modelos científicos aceptados en la actualidad. Estas ideas aparecen en alumnos de todas las etapas educativas, incluyendo estudiantes universitarios de Biología.

Las concepciones lamarckistas no sólo se tienen antes de estudiar formalmente la evolución (principalmente en Educación Secundaria), sino que persisten en etapas superiores. Algunos factores que promueven su persistencia son las dificultades en el estudio de la genética y su relación con la evolución (Ayuso y Banet, 2002), la falta de análisis profundos para entender la incoherencia entre las propias ideas y las aceptadas por la ciencia (Jiménez Aleixandre, 1991), los problemas para concebir la existencia de variabilidad intraespecífica en las poblaciones (Bernedo, 2011) o el uso de una metodología basada únicamente en la evidencia directa y la inducción a partir de observaciones, impidiendo elaborar interpretaciones abstractas más complejas (Gené, 1991). Además, los errores en los conceptos de especie y población son una barrera para la comprensión de la evolución mediante el mecanismo de la selección natural (Jiménez Tejada, 2009). Los alumnos tienden a mostrar un pensamiento esencialista, donde no hay cabida para la variación entre los individuos de una misma especie y esto dificulta el entendimiento de los modelos darwinista y neodarwinista basados en el éxito diferencial de la descendencia. El concepto de especie además presenta muchas dificultades a la hora de ser explicado por los científicos (Queiroz, 2005; Sarmiento, 2009). Sin embargo, esta dificultad parece no percibirse en el profesorado (Jiménez Tejada, 2009). Esto sugiere cierta falta de atención desde el ámbito escolar a la hora de abordar el concepto de especie, que podría explicar los errores que los alumnos cometen y que estaría repercutiendo en la comprensión de otros temas relacionados, como es el caso de la evolución.

Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo general identificar, analizar y relacionar las concepciones más comunes sobre la evolución en alumnos de 4º de Educación Secundaria Obligatoria y de 1º de Bachillerato de la rama de ciencias con diferentes aspectos de la biología. De esta manera, los objetivos específicos son: (1) comprobar si los alumnos entienden la evolución a partir del mecanismo de selección natural y las teorías científicas actualmente aceptadas, (2) analizar en qué medida los alumnos asocian el cambio evolutivo con los cambios genéticos hereditarios y (3) estudiar el grado de comprensión del concepto de especie biológica por parte de los alumnos.

Nuestras hipótesis son: (1) existe un porcentaje elevado de alumnos que interpreta la evolución desde una perspectiva lamarckista, (2) existe un porcentaje bajo de alumnos que asocia el cambio evolutivo con los factores

genéticos heredables y (3) existe un porcentaje bajo de alumnos que comprende el concepto de especie biológica. A partir de estas hipótesis, pretendemos profundizar en la comprensión de algunos de los aspectos que podrían explicar la persistencia de ciertas concepciones erróneas y las dificultades observadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución.

Metodología

Población de estudio

El estudio se realizó entre los meses de abril y mayo del curso académico 2011-2012, en un centro educativo concertado de carácter laico que abarca las etapas educativas que van desde los 3 hasta los 18 años. La muestra comprendió un total de 37 alumnos, 27 de cuarto de E.S.O. y 10 de primero de Bachillerato. Los alumnos de cuarto de E.S.O. se encontraban cursando la asignatura de "Biología y Geología". En el momento en que se realizó el estudio aun no habían comenzado a estudiar el tema sobre la evolución y el origen de la vida. Sin embargo, ya poseían conocimientos básicos en genética y la herencia biológica de los caracteres. Los alumnos de primero de Bachillerato se encontraban cursando la asignatura de "Biología y Geología", de la Modalidad de Ciencias y Tecnología. En el momento en que se hizo el estudio, ya habían estudiado los temas de evolución que constituyen el currículo de cuarto de E.S.O. Además, estos alumnos habían profundizado en el estudio de la evolución, la diversidad de los seres vivos y la genética a lo largo del primer trimestre en las asignaturas de "Biología y Geología" y "Ciencias para el Mundo Contemporáneo".

Detección de ideas previas e hipótesis de los estudiantes

La investigación de las ideas previas de los estudiantes está muy desarrollada y son múltiples los métodos empleados para su detección y análisis. Entre ellos se encuentran, las entrevistas, los cuestionarios, el estudio de mapas conceptuales elaborados por los alumnos o el debate colectivo como escenario donde exponer y confrontar ideas (Carrascosa, 2005). Uno de los instrumentos más utilizados es el cuestionario (Bernedo, 2011), en el cual el alumno debe responder a una serie de preguntas abiertas o fijadas a través de una serie de opciones predeterminadas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los alumnos suelen mantener dos tipos de esquemas de conocimiento. Por un lado, presentan los esquemas académicos, donde se incluyen los conceptos aprendidos en clase, útiles en el contexto escolar, la resolución de ejercicios y el éxito en los exámenes. Por otro lado, presentan los esquemas propios, construidos a partir de sus ideas previas, útiles para entender la realidad y el entorno que les rodea (Campanario y Otero, 2000). Esto implica que los estudiantes son capaces de dar respuestas correctas, desde el punto de vista científico, en determinados contextos académicos, sin necesidad de haberlas asimilado en su totalidad. Por lo tanto, si queremos identificar las ideas previas de los alumnos, debemos evitar dar pie a determinadas situaciones que puedan inducir a respuestas académicamente correctas aprendidas de memoria o de forma acrítica, lo cual podría equivocar nuestras conclusiones.

Un tipo de cuestionarios cerrados, donde los alumnos deben elegir entre una o varias respuestas ya fijadas, puede fomentar este tipo de situaciones si no se realiza correctamente. Tal y como se ha visto en algunos estudios (Bernedo, 2011), cuando los alumnos contestan a un cuestionario de este tipo, las conclusiones pueden ser poco conclusivas. Así que los cuestionarios deben diseñarse de acuerdo al contexto social y nivel educativo que presenten los alumnos, evitando generar situaciones que favorezcan un tipo de respuestas que no se corresponde con las interpretaciones personales de cada uno.

En este trabajo, el análisis de las ideas previas sobre evolución se realizó a partir de un cuestionario abierto de siete preguntas (Anexo 1). Dado que nuestra intención principal era evaluar el conocimiento procedimental (es decir, la capacidad para interpretar y relacionar), frente al conocimiento declarativo, realizamos un cuestionario de tipo abierto, donde el alumno debía desarrollar una explicación argumentada a partir de sus conocimientos en la materia. Se omitió el empleo de términos como evolución, adaptación, selección natural o mutación a la hora de redactar las preguntas del cuestionario, evitando así posibles respuestas aprendidas de memoria o de forma acrítica, que podrían enmascarar las ideas previas del alumno (Jiménez Aleixandre, 1991). Las preguntas se plantearon de acuerdo a las hipótesis de partida que queríamos contestar y para ello nos basamos en los trabajos de Jiménez y Fernández (1989), Jiménez Aleixandre (1991) y Bernedo (2011). La cuestión 2, "¿Crees que hay especies superiores y otras inferiores?", no se tomó de ningún cuestionario previo pero consideramos interesante plantearla con el fin de analizar la concepción que los alumnos tienen en relación al término de especie dentro de un contexto evolutivo, no meramente sistemático.

Análisis de datos

Los cuestionarios se analizaron en tres niveles. El primer nivel es el individual en el que se analizaron cada una de las siete preguntas del cuestionario. Las respuestas obtenidas se agruparon en cuatro categorías (a, b, c, d). En algunos casos, una misma respuesta se incluyó en más de una categoría al considerarse que presentaba aspectos comunes a varias de ellas. La categoría 'a' incluía interpretaciones acordes con las teorías científicas actuales. Es decir, aquellas que explican el cambio evolutivo a partir del mecanismo de selección natural y lo desarrollan, al menos parcialmente, mencionando las mutaciones y/o la reproducción sexual como generadores de variabilidad, la supervivencia de las variantes mejor adaptadas y/o la herencia de los caracteres genéticos. La categoría 'b' incluía respuestas acordes con teorías lamarckistas, finalistas o vitalistas; o contestaciones que implican errores conceptuales. Es decir, aquellas que explican el cambio evolutivo por la aparición de necesidades impuestas por el medio, el uso/desuso de los órganos y/o la herencia de los caracteres adquiridos. Expresiones que reflejan intencionalidad o finalidad en los seres vivos del tipo "cambia para" o "se adapta". Respuestas que implican errores conceptuales como la aparición de nuevas especies por el cruzamiento de dos distintas. La categoría 'c' incluía respuestas ambiguas o incompletas que aceptan la evolución como mecanismo del cambio, sin explicar cómo ocurre, ni a través de qué factores. Es decir, aquellas que, sin ser erróneas

desde el punto de vista científico, son incompletas y no dejan claro si el alumno entiende el mecanismo evolutivo que propone. Son expresiones del tipo “la especie ha evolucionado” o “la especie se ha adaptado”. La categoría ‘d’ incluía otro tipo de explicaciones, explicaciones no categorizables y respuestas del tipo no sabe/no contesta.

El segundo nivel de análisis se realizó para estudiar las tres hipótesis mencionadas en los objetivos. Se analizaron grupos de preguntas que permitían al alumno poner de manifiesto las ideas a contrastar en cada una de las hipótesis. Para la hipótesis 1 se consideraron las preguntas 3, 4, 5, y 6 del cuestionario. Para la hipótesis 2 se consideraron las preguntas 1, 3, 4, 5 y 6 del cuestionario. Para la hipótesis 3 se consideraron las Preguntas 1, 2 y 7 del cuestionario. Para cada una de las tres hipótesis, las respuestas se analizaron de manera conjunta en base a las cuatro categorías comentadas en la anterior sección (a, b, c, d). Sin embargo, ciertas categorías se agruparon en cada caso, a fin de simplificar los análisis.

En el tercer nivel de análisis se estudiaron en conjunto las siete preguntas del cuestionario, partiendo de las cuatro categorías de respuestas mencionadas arriba (a, b, c, y d), con el fin de analizar tendencias generales en cuarto de la E.S.O. y primero de Bachillerato.

Resultados

Análisis individual de las preguntas del cuestionario

En el Anexo 2, se muestran los tipos de respuestas que se corresponden con cada categoría (a, b, c, d). Los alumnos de cuarto de Educación Secundaria tienden a dar respuestas poco elaboradas cuando se les pregunta por cómo aparecen nuevas especies. Más de la mitad respondieron que las especies aparecen como resultado de la evolución y/o la adaptación a lo largo del tiempo, sin especificar cómo ocurre este proceso (Figura 1).

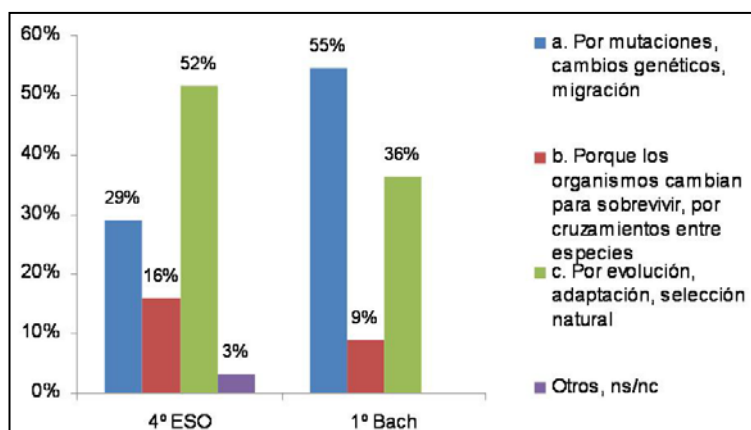


Figura 1.- Respuestas a la pregunta 1 del cuestionario “¿Cómo crees que aparecen especies nuevas?”

Casi la tercera parte de los alumnos asocia la aparición de nuevas especies con mutaciones y cambios en el material genético, mientras que el 16% mantiene que las especies aparecen por la necesidad de cambiar para

sobrevivir o por el cruzamiento entre dos especies distintas. En los alumnos de Bachillerato se observa una mayor tendencia (55% de las respuestas) a relacionar el proceso de especiación con los cambios genéticos. Sin embargo, el 36% de los alumnos aun tiende a dar respuestas insuficientes o poco aclaratorias, como en Educación Secundaria.

En pregunta 2, en la categoría (a) se incluyen respuestas acordes con teorías científicas actuales, donde las especies son evolutivamente equivalentes. En la categoría (b) se incluyen respuestas relacionadas con concepciones finalistas o lamarckistas, que entienden el proceso evolutivo como una secuencia lineal donde unas especies dominan sobre otras. La categoría (c) recoge concepciones ambiguas o incompletas que sostienen que las especies no deben ser clasificadas en términos de superior/inferior, pero sí en términos de más/menos evolucionadas o adaptadas, o más/menos fuertes; lo que a nuestro entender esconde una concepción finalista y lineal de la evolución. Por último, la categoría (d) recoge otro tipo de respuestas no codificables o ns/nc.

Más de la mitad de los alumnos de Educación Secundaria sostiene que algunas especies son superiores a otras, atendiendo a diversos criterios como su período de aparición en el tiempo evolutivo, su capacidad de adaptación, nivel de complejidad, fuerza, inteligencia o dieta (Figura 2). Un tercio argumentó que las especies no pueden clasificarse como superiores o inferiores, pero sin embargo, no son equivalentes. Solo un alumno mantenía que no existen especies superiores, al plantear que todas las especies están igualmente adaptadas a su ambiente, pues de lo contrario se habrían extinguido. Los alumnos de Bachillerato sostienen, en una mayoría que supera a la de secundaria (70%), que hay especies superiores. La explicación principal que dan es que están mejor adaptadas que otras, consideradas inferiores.

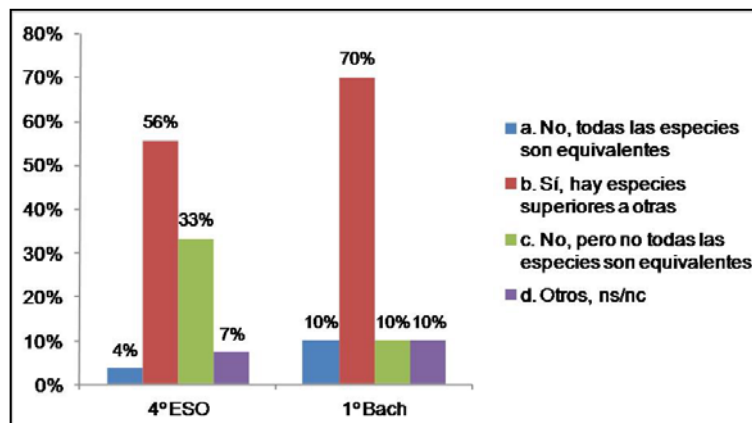


Figura 2.- Respuestas a la pregunta 2 del cuestionario "¿Crees que hay especies superiores y otras inferiores?, ¿por qué?".

En cuanto a la pregunta 3, los alumnos de Educación Secundaria contestaron mayoritariamente 'la necesidad de volar para adaptarse al medio', mientras que tan solo el 6% atribuyó la presencia de alas a las características genéticas de las aves (Figura 3). El 19% relacionó la presencia de alas con la evolución, sin detallar qué factores pudieron darse. La mitad de los alumnos de Bachillerato mantuvo un pensamiento de tipo lamarckista. Sin embargo, se observa un aumento en las explicaciones que

relacionan los cambios en órganos y estructuras con cambios genéticos mantenidos por la selección natural (40%).

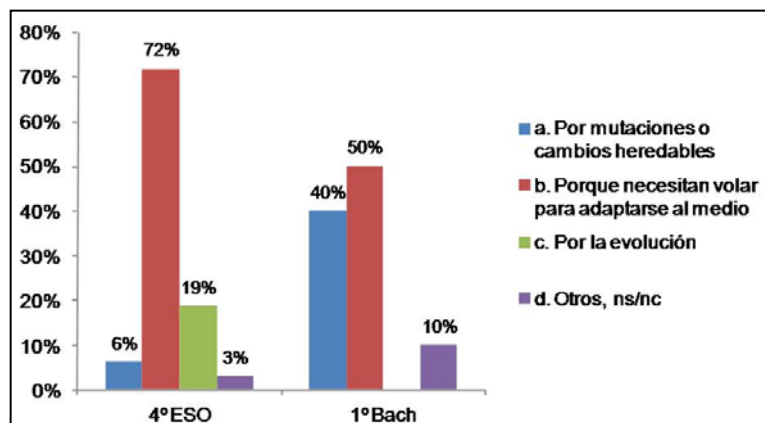


Figura 3.- Respuestas a la pregunta 3 del cuestionario "¿Por qué las aves tienen alas?".

Respecto a la pregunta 4, en Educación Secundaria pocos alumnos asociaron el cambio observado a lo largo de la evolución de las jirafas con modificaciones en su material genético y/o la selección de las variantes mejor adaptadas. La mayor parte de las respuestas son de la categoría (b), que en este caso hemos subdividido en (b1) para aquellas respuestas que asocian el cambio con la necesidad, y en (b2) para las respuestas que implican errores conceptuales de especie y especiación (Figura 4). Dentro de esta categoría, el 75% de los estudiantes relacionó el cambio en las jirafas con la necesidad de acceder a zonas más altas, principalmente para alimentarse. En Bachillerato parece observarse igualmente una tendencia en el predominio del pensamiento lamarckista, asociando necesidad con cambio evolutivo. Sin embargo, los porcentajes con respecto a los alumnos de Secundaria disminuyen (se pasa del 75% al 50%) y aumentan las explicaciones basadas en mutaciones y cambios genéticos, aunque no son las mayoritarias (del 11% al 40%, Figura 4).

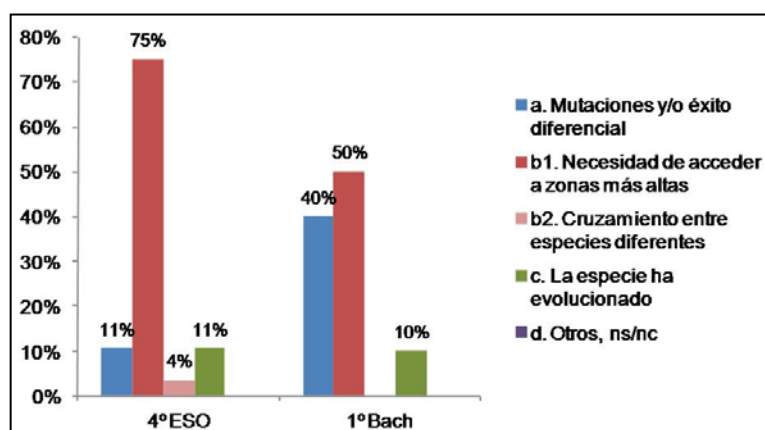


Figura 4.- Respuestas a la pregunta 4 del cuestionario "Existen evidencias fósiles que indican que las jirafas primitivas eran animales de cuello corto y patas cortas. Sin embargo, las jirafas actuales tienen cuello largo y patas largas, ¿qué crees que ocurrió entonces?".

A la hora de categorizar las respuestas de la pregunta 5 hemos encontrado ciertas dificultades con los tipos de respuestas (b) o (c), pues en casi todos los casos los alumnos respondían de forma ambigua con contestaciones del tipo “se adaptan” o “se han hecho resistentes”, sin llegar a distinguir bien si se referían a un proceso que implicaba la voluntad de los organismos o a otro proceso evolutivo. Por ello, clasificamos como (b) la respuestas que señalaban una clara intencionalidad/finalidad de los organismos para adaptarse a las necesidades del medio (en este caso la presencia del insecticida) con expresiones del tipo “se hacen inmunes para sobrevivir”, “han podido crear mecanismos de defensa”, “se han acostumbrado” o “han sido capaces de evolucionar”. Hemos clasificado como (c) el resto de contestaciones que hacían alusión a un proceso de cambio o evolución no detallado, sin mencionar específicamente un acto de voluntad. Solo un alumno de educación Secundaria asoció la aparición de mecanismos de resistencia en los insectos con mutaciones genéticas, y la mayoría (78%) dio contestaciones del tipo (b) o (c). La mitad de ellos (39%) atribuyó la inmunidad a procesos de adaptación que surgen como respuesta a una necesidad impuesta por el medio. La otra mitad (39%) respondió de forma poco precisa (Figura 5), lo que da a entender que, aunque los alumnos reconocen un cambio en la inmunidad de los insectos, no entienden cómo se ha originado ni a qué factores responde. La mitad de los estudiantes de Bachillerato sostuvo que los insectos han evolucionado, pero no especificaron cómo. El 20% atribuyó el cambio a una necesidad impuesta por el medio o una voluntad por parte de los insectos. El 30% asoció la resistencia de los insectos con la aparición de mutaciones y/o la selección de las variantes más adaptativas (Figura 5).

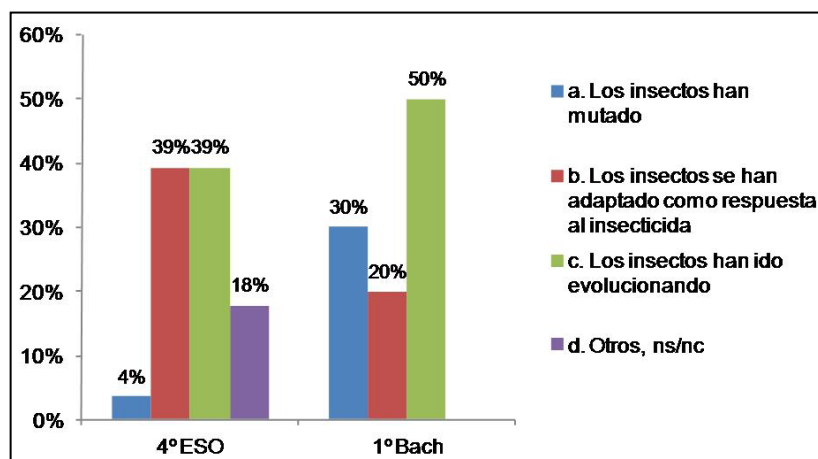


Figura 5.- Respuestas a la pregunta 5 del cuestionario “Un cultivo de maíz ha sido recientemente atacado por una plaga de insectos. Los agricultores no entienden el motivo de estas plagas, pues habían fumigado los campos como cada año. Todo parece indicar que los plaguicidas ya no tienen efecto. ¿Cómo explicarías este fenómeno?”.

En cuanto a la pregunta 6, la mayoría de las respuestas en Educación Secundaria eran lamarckistas, planteando que los ratones nacerían sin cola como resultado de la transmisión de este carácter a la descendencia. Solo el 19% de los alumnos mantuvo que los ratones nacerían con cola, ya que este carácter está codificado en el material genético. Un alumno respondió

que los ratones nacerán con cola, pero no podrán moverla, lo que demuestra que en un mismo individuo pueden coexistir planteamientos lamarckistas y darwinistas. En Bachillerato se observa una tendencia contraria. La mayoría de los alumnos respondió que los ratones nacerían con cola puesto que es un carácter codificado en los genes, que seguirá transmitiéndose a la descendencia, aunque los individuos experimenten cambios fenotípicos a lo largo de su vida (Figura 6). Existe, sin embargo, un porcentaje de alumnos (30%) que sigue atribuyendo los cambios evolutivos con la herencia de los caracteres adquiridos, al plantear que los ratones nacerán sin cola.

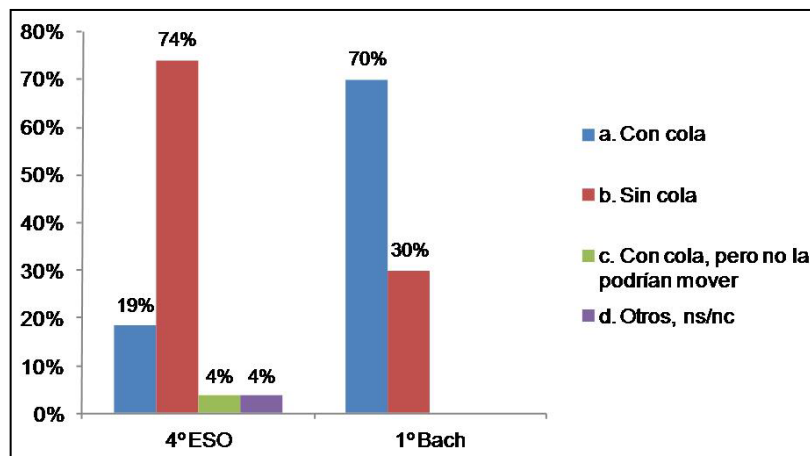


Figura 6.- Respuestas a la pregunta 6 del cuestionario "Si realizásemos un experimento que consistiera en cortar la cola a unos ratones durante varias generaciones, y ver qué ocurre en la descendencia, ¿cómo crees que nacerían éstos al cabo de 40 generaciones, con cola o sin ella?, ¿por qué?"

Cuando se plantea a los alumnos la posibilidad de cruzar dos especies, éstos tienden a pensar que aparecerá una nueva especie que en algunos casos denominan híbrido. En Educación Secundaria, este pensamiento domina sobre los demás, aunque casi un tercio se plantea que podría no ocurrir nada puesto que la fecundación entre dos especies no sería viable. En Bachillerato, el 40% de los alumnos tuvo dudas, planteando que el cruzamiento podría darse o no, dependiendo de las circunstancias. Sólo el 30% sostuvo que no es posible el cruzamiento en ningún caso, mientras que el 20% mantuvo el pensamiento dominante en Secundaria, argumentando que la fecundación entre las dos especies es viable y da lugar a una especie nueva o un híbrido (Figura 7).

Análisis de las hipótesis evolutivas

Para contrastar las tres hipótesis propuestas en este trabajo, nos hemos basado en grupos de preguntas analizadas de forma conjunta. En el Anexo 2 se detalla el tipo de respuestas que se corresponde con cada categoría para cada una de las preguntas en las tres hipótesis planteadas.

La hipótesis 1 se relacionaba con la existencia de un porcentaje elevado de alumnos que interpreta la evolución desde una perspectiva lamarckista. Para contrastar esta hipótesis se utilizaron las preguntas 3, 4, 5 y 6 del cuestionario (Anexo 1). Las respuestas de tipo (a) hacen referencia al mecanismo de la selección natural y son denominadas darwinistas. Las de

tipo (b) se identifican con el pensamiento lamarckista. Para simplificar el análisis, hemos agrupado las respuestas (c) y (d) en una misma categoría que se corresponde con otros planteamientos, respuestas incompletas o no contestadas. La figura 8a muestra que la proporción de respuestas lamarckistas es ampliamente superior en Educación Secundaria (66%), donde sólo el 10% de los alumnos propuso mecanismos darwinistas. Esta tendencia cambia en Bachillerato, donde hay un incremento en las explicaciones darwinistas, aunque las interpretaciones lamarckistas siguen siendo considerables (Figura 8a).

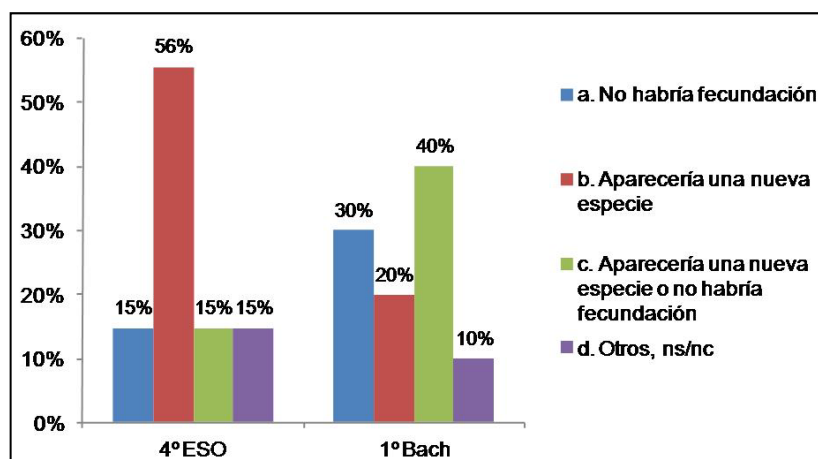


Figura 7.- Respuestas a la pregunta 7 del cuestionario "¿Qué crees que ocurriría si uniésemos el polen de un manzano con el óvulo de un cerezo?".

La hipótesis 2 se relacionaba con la existencia de un porcentaje bajo de alumnos que asocia el cambio evolutivo con los factores genéticos heredables. Para contrastarla nos basamos las preguntas 1, 3, 4, 5 y 6 del cuestionario (Anexo 1). En este caso, mantuvimos las respuestas de la categoría (a) que asociaban el cambio evolutivo con las mutaciones, las recombinaciones y/o las migraciones. El resto de respuestas se agruparon como (b/c/d), puesto que en ninguna de estas categorías se asociaba el cambio evolutivo con el material genético. En Educación Secundaria, sólo el 14% de las respuestas relacionaron los cambios en las especies con mutaciones y/o la herencia de los caracteres genéticos, pero en Bachillerato este porcentaje alcanzó el 47% (Figura 8b).

La hipótesis 3 se relacionaba con la existencia de un porcentaje bajo de alumnos que comprende el concepto de especie biológica. Para contrastarla analizamos las preguntas 1, 2 y 7 del cuestionario, donde los alumnos debían aplicar su concepción de "especie" para responder coherentemente en base a ella (Anexo 1). En este caso las respuestas de la categoría (a) se interpretan con el concepto correcto de especie, mientras que las (b) muestran una concepción errónea desde el punto de vista evolutivo. La categoría (c/d) incluye las concepciones que son incompletas, aquellas que manifiestan dudas por parte del alumno y respuestas del tipo ns/nc.

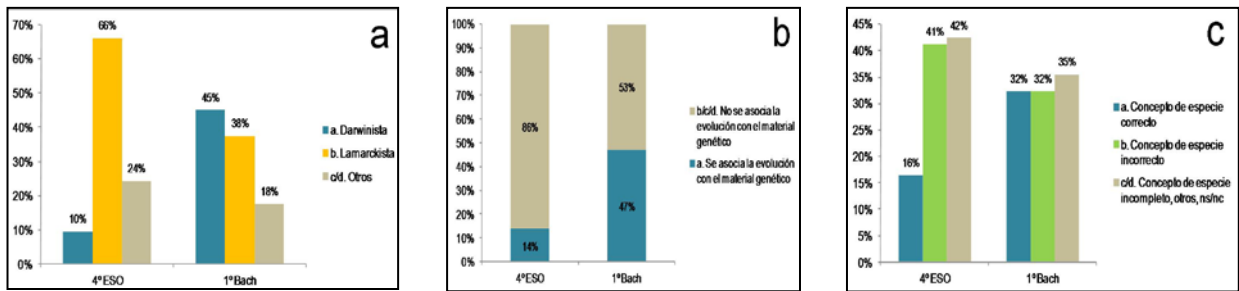


Figura 8.- Porcentaje de respuestas (a) basadas en una interpretación darwinista, lamarckista u otras, (b) que asocian la evolución con factores genéticos, (c) sobre el concepto de especie.

Los alumnos de Educación Secundaria dieron, en su mayoría, respuestas erróneas o confusas del concepto de especie desde el punto de vista evolutivo. Sólo el 16% se ajustó total o parcialmente a la corrección del término. Sin embargo, en Bachillerato las tres categorías presentan frecuencias similares (Figura 8c).

Análisis global

El análisis conjunto de todas las respuestas del cuestionario según las cuatro categorías comentadas en la introducción (a, b, c, d) muestra que en Educación Secundaria las respuestas lamarckistas o erróneas son mayoritarias (Figura 9). Por detrás de éstas (25%) aparecen las respuestas que no son incorrectas desde el punto de vista científico, pero tampoco detallan procesos y mecanismos evolutivos. Solo un 13% explica procesos y mecanismos acordes con los planteamientos científicos actuales. En Bachillerato, sin embargo se observa un aumento en el número de respuestas afines a las teorías científicas actuales (39%), aunque las interpretaciones erróneas o lamarckistas aún aparecen bien representadas (35%).

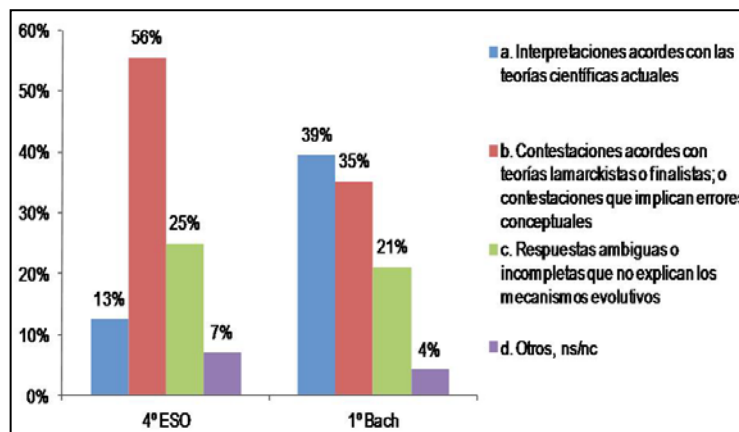


Figura 9.- Pensamiento evolutivo de los alumnos de los alumnos en base al total de preguntas del cuestionario (Anexo 1).

Discusión

Interpretaciones Lamarckistas vs. Darwinistas

La mayor parte de los alumnos de Educación Secundaria maneja hipótesis evolutivas acordes con las teorías lamarckistas o finalistas. Este resultado se observa en todos los niveles de análisis estudiados en este trabajo, donde las respuestas implicaban cierta voluntad de los organismos para desarrollar órganos, morfologías y funciones que les permitiesen sobrevivir y adaptarse al medio, sin tener en cuenta factores como la variabilidad, la aleatoriedad o el éxito diferencial. Se explican por tanto los procesos de cambio de las especies como procesos secuenciales de perfeccionamiento que implican la voluntad de éstas y que llevan a un fin determinado por las necesidades del medio (Jiménez y Fernández, 1989; Jiménez Aleixandre, 1991; Ayuso y Banet, 2002; Bernedo 2011). Sin embargo, esta tendencia lamarckista y finalista parece invertirse en primero de Bachillerato, donde muchas respuestas se corresponden con interpretaciones basadas en el mecanismo de la selección natural. No obstante, muchos estudiantes de primero de Bachillerato mantenían concepciones lamarckistas o erróneas, lo que denota la persistencia de ciertas dificultades a pesar del estudio de la evolución y otros temas estrechamente relacionados como la genética o la ecología.

Según Gené (1991), la explicación lamarckista es la más acorde con nuestro sentido común y realidad cotidiana, de modo que no es difícil entender su persistencia en diferentes etapas educativas. La persistencia de estos planteamientos en los alumnos puede deberse al uso de la misma metodología que, en su momento, utilizó Lamarck para interpretar la realidad (Gené 1991), que se basaría en la observación y la inducción a partir de la experiencia directa. La teoría de la selección natural de Darwin, requiere de mayor abstracción, lo que puede dificultar su entendimiento (Rivadulla, 2007) partiendo de lo general para explicar lo concreto, lo cual no es necesariamente lo más intuitivo.

Destaca que los alumnos de Bachillerato piensen simultáneamente que las aves desarrollan alas porque necesitan volar y las jirafas alargan su cuello porque necesitan acceder a los árboles más altos, y que los ratones de padres a los que se les cortó la cola, nacerán con ella puesto que los cambios fenotípicos no se heredan. Esto sugiere que los alumnos de Bachillerato tienden a elaborar al mismo tiempo razonamientos de tipo darwinista y lamarckista (ver Jiménez Aleixandre, 1991), y pone de manifiesto que la teoría darwinista no se ha entendido plenamente y que no es útil para explicar ciertas observaciones en la naturaleza, a pesar de haber sido estudiada en 4º de ESO y haber profundizado en ella en 1º de Bachillerato. Este hecho debe tenerse en cuenta a la hora de abordar el tema de la evolución en las aulas y evaluar su grado de comprensión en los alumnos pues, tal y como muestran los resultados, la existencia de argumentaciones basadas en la teoría darwinista no implica que se hayan abandonado las concepciones lamarckistas.

Grado de comprensión de la teoría darwinista

Las preguntas 5 y 6 del cuestionario (figuras 5 y 6) planteaban situaciones en las que los alumnos debían argumentar, por un lado, por qué

ciertos insectos sobreviven a un determinado insecticida, y por otro, cómo nacerán los hijos de unos ratones a los que se les cortó la cola durante sucesivas generaciones. Aunque ambos escenarios son diferentes, estas dos preguntas nos permiten comprobar si los alumnos comprenden los mecanismos de la evolución, dado que, de ser así, las contestaciones deberán argumentarse en base a los mismos supuestos para ambas preguntas.

En Educación Secundaria, la mayoría parece tener dificultades a la hora de explicar cómo los insectos han terminado siendo resistentes al insecticida. Una parte importante de las respuestas proponía mecanismos lamarckistas en los que los insectos cambian voluntariamente y terminan acostumbrándose (ideas asociadas con el uso/desuso de los órganos, el perfeccionamiento progresivo de las especies y la necesidad como motor de cambio). No es de extrañar por tanto, y así lo muestran los resultados, que la mayoría de los estudiantes de secundaria sostenga que los hijos de los ratones a los que se les cortó la cola, nacerán sin ella (figura 6). Esta idea es compatible con una visión lamarckista en la que las especies heredan los caracteres fenotípicos desarrollados por sus padres, en un proceso de perfeccionamiento constante a lo largo de las generaciones. Sin embargo, los resultados en Bachillerato muestran una tendencia distinta. En el problema planteado de los insectos, el grueso de los alumnos dio explicaciones ambiguas o poco desarrolladas. Sin embargo, en el problema de los ratones, la mayoría sostuvo que éstos nacerán con cola, puesto que es un carácter genético y las modificaciones fenotípicas no se heredan (figura 6). Esto indica que los alumnos de Bachillerato comprenden mejor el proceso de selección natural cuando se pone como ejemplo a organismos vertebrados que sufren una situación asimilable para el ser humano como es la mutilación (Jiménez y Fernández 1989). Por tanto, los alumnos que han estudiado la teoría darwinista la comprenden mejor cuando se aplica a situaciones que resultan familiares o próximas. Este hecho es interesante pues, tal y como proponen Jiménez Aleixandre (1991) y Mateos (1993), la realización de actividades distintas que requieran interpretar diferentes escenarios evolutivos, puede proporcionar a los alumnos contraejemplos útiles que favorezcan la aparición del conflicto conceptual y faciliten la comprensión y asimilación de las nuevas ideas. Estos autores sostienen que deben elegirse ejemplos diversos como material de estudio y combinar casos conocidos con casos poco conocidos, evitando así la simplificación y favoreciendo el aprendizaje y generalización de los nuevos conceptos.

Relación entre los factores genéticos y la evolución

Tan solo un 11% de los alumnos de Educación Secundaria asoció los factores genéticos (mutaciones y herencia) a los cambios evolutivos (figura 8b). El 86% de las respuestas no contempló los factores genéticos dentro de las causas responsables del cambio de las especies. Estos resultados apuntan a que los alumnos de Secundaria, a pesar de haber estudiado la relación entre genotipo y fenotipo, así como los posibles efectos de las mutaciones, la recombinación y la fecundación, presentan dificultades para asociar los cambios genéticos con los procesos evolutivos, prefiriendo explicaciones basadas en ideas previas que no han sido formalmente estudiadas ni demostradas. En Bachillerato, se observa un aumento notable

en la atribución de los cambios evolutivos a los cambios genéticos heredables. Sin embargo, solo el 47% de las respuestas, frente al 53%, contemplaron esta vinculación (figura 8b), lo que sugiere que en este curso aun existen dificultades para relacionar los procesos genéticos con los cambios evolutivos.

Los posibles obstáculos para relacionar ambos aspectos pueden ser debidos a diversas causas. Tal y como plantean Ayuso y Banet (2002), la falta de vinculación entre genética y evolución puede tener su origen en errores conceptuales que los alumnos presentan en algunos principios elementales de genética. Los alumnos tienen dificultades para entender las causas por las que aparecen las mutaciones y qué factores deben darse para que éstas puedan transmitirse a la descendencia. Además, parecen no entender bien los mecanismos responsables de generar la variabilidad intraespecífica, ni las incompatibilidades biológicas que impiden el cruzamiento entre especies distintas. Estas confusiones pueden ser una causa de las limitaciones para comprender las teorías darwinista y neodarwinista (Ayuso y Banet, 2002). Otra causa que puede estar dificultando la comprensión en la relación entre evolución y factores genéticos, es la segregación de la asignatura de Biología en temas virtualmente aislados unos de otros, tanto en los libros de texto como en el funcionamiento ordinario de las clases en unidades didácticas. Esta separación, aunque útil desde el punto de vista operativo, puede estar favoreciendo un proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología excesivamente fragmentado, donde no se ofrece al alumno un escenario donde poner en común y relacionar los diferentes conceptos aprendidos. En la evolución, se necesita la comprensión de múltiples aspectos de la biología y la geología para producir un aprendizaje significativo (Ayuso y Banet, 2002; Bernedo, 2011). Por tanto, las carencias a la hora de relacionar los cambios evolutivos con los factores genéticos pueden dificultar la comprensión de los procesos evolutivos desde perspectivas darwinistas y neodarwinistas, y favorecer el mantenimiento de las interpretaciones lamarckistas.

Comprensión del concepto de especie biológica

En Educación Secundaria muy pocos alumnos se ajustaron a una interpretación de especie acorde con las teorías evolutivas actuales. La mayoría no son capaces de explicar el proceso de especiación, y creen que hay especies superiores, mejor adaptadas o más evolucionadas que otras, además de sostener que el cruzamiento de dos especies distintas puede dar la aparición de una nueva. En Bachillerato, se observa un incremento en el grado de comprensión en el concepto de especie. Los alumnos de Bachillerato parecen estar más seguros de cómo acontece la especiación relacionándola con la aparición de nuevas variantes genéticas (figura 2). Empiezan a cuestionarse que el cruzamiento entre especies pueda producirse en la naturaleza, aunque la mayoría piensa que, si las circunstancias son favorables, dos especies similares (manzano y cerezo) podrían dar lugar a una especie nueva o híbrido. Además, todavía la amplia mayoría de los alumnos considera que hay especies superiores a otras y ello se debe, principalmente, a que están mejor adaptadas a su entorno. En definitiva la mayoría de alumnos de Secundaria y Bachillerato, no

comprende bien el significado evolutivo de especie, lo que podría dificultar la comprensión que los alumnos tienen sobre la evolución (Jiménez Tejada, 2009). En línea de lo argumentado anteriormente, creemos que una mayor conexión entre los temas que conforman el currículo de las asignaturas de ciencias naturales, podría favorecer el aprendizaje significativo del concepto evolutivo de especie.

Conclusiones

Existe una tendencia general de los estudiantes a interpretar los procesos de cambio en las especies según planteamientos lamarckistas. En Bachillerato, estas ideas comienzan a ser sustituidas por concepciones darwinistas o más acordes con las teorías científicas actuales. Sin embargo, en Bachillerato las ideas lamarckistas aún coexisten con las ideas darwinistas dentro un mismo individuo. Esto nos da a entender que el estudio de la evolución permite, en cierta manera, el cambio conceptual de las ideas previas erróneas por las nuevas, pero este cambio se produce parcialmente. La mayoría de los alumnos mostró dificultades a la hora de relacionar los factores genéticos con el cambio evolutivo, así como para entender el concepto evolutivo de especie. Aunque se observa cierto progreso, la mayoría de los alumnos de Bachillerato mantiene errores conceptuales que aparecen en Secundaria, a pesar de haber sido estudiados temas de evolución, genética y ecología. Probablemente las ideas erróneas en genética y ecología mantenidas por el alumnado son, al mismo tiempo, causa y efecto de los problemas surgidos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución. Los diferentes temas estudiados en biología están íntimamente relacionados, de manera que difícilmente pueden entenderse los procesos evolutivos si no se han entendido los factores genéticos o las características que definen a las especies y su relación con el medio. Los errores conceptuales en aspectos aparentemente sencillos como especie, mutación o recombinación, así como la falta de conexión entre estos temas y la evolución, pueden estar contribuyendo al mantenimiento de las ideas lamarckistas a lo largo de las diferentes etapas educativas. Paralelamente, los errores conceptuales que permanecen tras el estudio de la evolución, pueden estar limitando la comprensión de los aspectos relacionados con la genética o la ecología, entre otros.

La comprensión de la evolución se hace imprescindible para el estudio de la biología y los obstáculos que puedan presentar los alumnos a este nivel repercutirán negativamente en etapas educativas posteriores. La superación de estos obstáculos debe estar ligada a un cambio metodológico que permita diseñar estrategias adecuadas que hagan frente a las dificultades más comunes extendidas entre el alumnado. Desde este trabajo, consideramos que es necesario profundizar en la enseñanza-aprendizaje de temas como la genética mendeliana, la genética molecular, la ecología y el estudio de las poblaciones biológicas, desde todas las etapas educativas, como elementos imprescindibles en el estudio y comprensión de la evolución. Proponemos, además, diseñar de nuevas metodologías que permitan relacionar los conceptos estudiados a lo largo de los distintos cursos, favoreciendo un proceso de retroalimentación permanente, de manera que el alumno pueda utilizar lo que ya conoce para comprender los nuevos conceptos, y éstos, a su vez, permitan afianzar los primeros. Para

ello, sería interesante fomentar actividades transversales entre diferentes cursos, materias y unidades didácticas, que permitieran "romper" con la compartimentalización de las clases y los libros de texto. Posibilitando, así un aprendizaje más dinámico e integrador, donde el alumno participe activamente, favoreciéndose la motivación y el aprendizaje significativo.

Referencias bibliográficas

Ayuso, E.G. y E. Banet (2002). Pienso más como Lamarck que como Darwin: comprender la herencia biológica para entender la evolución. *Alambique*, 32, 39-47.

Bernedo, V.C. (2011). Concepciones alternativas sobre Evolución en 1º de ESO. En: <http://www.enciga.org/files/boletins/73/IN.pdf>

Bishop, B.A. y C.W. Anderson (1985). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research and Science Teaching*, 27, 5, 415-427.

Campanario, J.M. y J.C. Otero (2000). 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, 2, 155-169.

Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 2, 183-208.

Gené, A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 1, 22-27.

Jiménez Aleixandre, M.P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, 248-256.

Jiménez Aleixandre, M.P. y J. Fernández (1989). ¿Han sido seleccionados o se han adaptado? Ideas de estudiantes de biología sobre selección natural y consistencia entre ellas. *Infancia y Aprendizaje*, 47, 67-81.

Jiménez Tejada, M.P. (2009). *Los conceptos de población y especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas*. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 4 de mayo de 2006, 106, 17158.

Mateos, A.J. (1993). Ideas previas en la botánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 2, 130-136.

Miller, J.D.; Scott, E.C. y S. Okamoto (2006). Public acceptance of evolution. *Science*, 313, 765-766.

Orden ESD/1729/2008, de 11 de junio, por la que se regula la ordenación y se establece el currículo del bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de junio de 2008, 147, 27492.

Orden ECI/2220/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación secundaria obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 21 de julio, 174, 31680.

Queiroz, K. (2005). Ernst Mayr and the modern concept of species. *PNAS*, 102, 1, 6600-6607.

Rivadulla, A. (2007). El mito del método y las estrategias de la creatividad en ciencia. En L. Fernández (Ed.), *Ensayos sobre Lenguaje, Naturaleza y Ciencia* (pp.45-64). Madrid: CERSA.

Sarmiento, P.J.M. (2009). *La Filosofía de la Biología de Ernst Mayr: problemas biológicos y filosóficos en las teorías de la evolución*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Anexo 1. Cuestionario

Nombre: _____ Curso: _____ Fecha: _____

Con los conocimientos que posees intenta contestar de forma argumentada a las siguientes cuestiones.

- 1-¿Cómo crees que aparecen especies nuevas?
- 2-¿Crees que hay especies superiores y otras inferiores?, ¿por qué?
- 3-¿Por qué las aves tienen alas?
- 4-Existen evidencias fósiles que indican que las jirafas primitivas eran animales de cuello corto y patas cortas. Sin embargo, las jirafas actuales tienen cuello largo y patas largas, ¿qué crees que ocurrió entonces?
- 5-Un cultivo de maíz ha sido recientemente atacado por una plaga de insectos. Los agricultores no entienden el motivo de estas plagas, pues habían fumigado los campos como cada año. Todo parece indicar que los plaguicidas ya no tienen efecto. ¿Cómo explicarías que los plaguicidas tuvieron efecto sobre los insectos en el pasado y ya no?
- 6-Si realizásemos un experimento que consistiera en cortar la cola a unos ratones durante varias generaciones, y ver qué ocurre en la descendencia, ¿cómo crees que nacerían los ratones al cabo de 40 generaciones, con cola o sin cola?, ¿por qué?
- 7-¿Qué crees que ocurriría si uniésemos el polen de un manzano con el óvulo de un cerezo?

Anexo 2. Tipos de respuestas para cada categoría en el contraste de hipótesis

Tipo de respuesta	a) Darwinista	b) Lamarckista	c/d) Otros, ns/nc
Pregunta 3: ¿por qué las aves tienen alas?	Por mutaciones que se seleccionaron.	Porque necesitan volar.	Por la evolución, otros, ns/nc.
Pregunta 4: ¿cómo explicas el cambio evolutivo en las jirafas?	Por mutaciones que se seleccionaron.	Porque necesitan acceder a zonas altas.	Por cruzamientos entre especies, por la evolución, otros, ns/nc.
Pregunta 5: ¿por qué los insectos resisten al insecticida?	Por mutaciones que se seleccionaron.	Porque se han adaptado para resistir el insecticida.	Porque han evolucionado, se hacen inmunes, otras, ns/nc.
Pregunta 6: si cortamos la cola a unos ratones, ¿cómo será la descendencia?	Con cola porque es un carácter genético.	Sin cola porque heredan este carácter de los padres que no tienen cola.	Con una cola atrofiada, otros, ns/nc.

Tipos de respuestas por categorías (hipótesis 1), obtenidas en las preguntas 3, 4, 5 y 6.

Tipo de respuesta	a) Se asocia	b/c/d) No se asocia
Pregunta 1: ¿cómo aparecen especies nuevas?	Por mutaciones, cambios genéticos, migración.	Por cruzamientos entre especies, por evolución, adaptación, otros, ns/nc.
Pregunta 3: ¿por qué las aves tienen alas?	Por mutaciones que se seleccionaron.	Porque necesitan volar, por la evolución, otros, ns/nc.
Pregunta 4: ¿cómo explicas el cambio evolutivo en las jirafas?	Por mutaciones que se seleccionaron.	Porque necesitan acceder a zonas altas, por cruzamientos entre especies, por la evolución, otros, ns/nc.
Pregunta 5: ¿por qué los insectos resisten al insecticida?	Por mutaciones que se han seleccionado.	Porque se adaptan para resistir el insecticida, porque evolucionan, se hacen inmunes, otras, ns/nc.
Pregunta 6: si cortamos la cola a unos ratones, ¿cómo será la descendencia?	Con cola porque es un carácter genético.	Sin cola porque heredan este carácter de los padres que no tienen cola, con una cola atrofiada, otros, ns/nc.

Tipos de respuestas por categorías (hipótesis 2), obtenidas en las preguntas 1, 3, 4, 5 y 6.

Tipo de respuesta	a) Correcto	b) Incorrecto	c/d) Incompleto o duda
Pregunta 1: ¿cómo aparecen nuevas especies?	Por mutaciones, recombinación, migración, cambios en las presiones de selección, éxito diferencial.	Cruzamiento de dos especies distintas.	Con el paso del tiempo, por la evolución, por la adaptación, por la selección natural, por lo cambios en el medio, otros, ns/nc.
Pregunta 2: ¿hay especies superiores e inferiores?	No, todas las especies están adaptadas a su entorno.	Si.	No, pero hay especies mejor adaptadas o más evolucionadas. Otros, ns/nc.
Pregunta 7: ¿qué ocurre si cruzamos un manzano y un cerezo?	No ocurre nada porque no se pueden cruzar.	Aparece una especie nueva o híbrido.	Puede no ocurrir nada o aparecer un híbrido. Otros, ns/nc.

Tipos de respuestas obtenidas en las preguntas 1, 2, y 7 (hipótesis 3).