

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

CONCEPCIONES DE ALUMNOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA SOBRE ESPECIACIÓN Y EXTINCIÓN

Alternative conceptions of students about speciation and extinction

Isabel Roldão (*), Luís Marques (**), y Antonio Ferreira (***)

RESUMEN:

Este trabajo se insiere en el ámbito de una de las áreas de investigación existentes en el dominio de la Didáctica de las Ciencias: Las concepciones alternativas de los alumnos. Se eligieron como objeto de estudio la Especiación y la Extinción. Este estudio contó con una muestra de 261 alumnos portugueses de enseñanza secundaria, con edades comprendidas entre los 16 y 18 años. A partir de las concepciones identificadas se desarrollaron algunas propuestas de actividades con tendencia a contribuir en la modificación de los alumnos.

ABSTRACT:

This study was developed in the context of one of the lines of research in Science Education, i.e., the Movement of Alternative Conceptions. The topics under research were extinctions and speciation belonging to the curricular content at 12th level in Portugal. The questionnaire was the research tool selected and it was administered to a sample of 261 students. A set of misconceptions was identified. Educational suggestions were put forward from these conceptions, in order to help students to promote their conceptual change.

Palabras clave: *Concepciones alternativas, especiación, extinción.*

Keywords: *Alternative conceptions, extinctions, speciation.*

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en una sociedad en la que la preocupación por el conocimiento científico desempeña un papel relevante y donde uno de los principales objetivos de la Enseñanza de las Ciencias es contribuir para ayudar a los alumnos a tener una capacidad de juicio respecto a los problemas del mundo natural que nos rodea. La investigación en Didáctica de las Ciencias, a través de sus diversas áreas de trabajo, ha contribuido a una comprensión más adecuada del proceso de enseñanza/aprendizaje. Entre estas áreas de trabajo destacamos las concepciones elaboradas por los alumnos antes de la enseñanza formal, una vez que puede constituir un obstáculo en el proceso de enseñanza/aprendizaje. De acuerdo con Berry y Sahlberg (1996), Rye et al. (1999) y Toplis (1998), ignorar estas concepciones podría ser una de las principales causas del fracaso escolar. El interés en la investigación de las concepciones de los alumnos está también relacionado con los contenidos curriculares vigentes, de modo que se pretende que los indicadores de la investigación se reflejen a nivel de las prácticas de la sala de aula.

Dos temas importantes y todavía no suficientemente investigados son las concepciones acerca de los conceptos Especiación y Extinción. Estos aspectos suscitaron nuestra atención, y acabaron por ser el objeto de estudio aquí presentado.

En el estudio desarrollado los objetivos fueron: (i) la identificación y discusión de concepciones elaboradas por los alumnos de Enseñanza Secundaria sobre los conceptos considerados, antes de la enseñanza formal; (ii) el desarrollo de orientaciones generales de estrategias susceptibles de poder ser usadas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, teniendo en consideración las concepciones de los alumnos.

METODOLOGÍA

Una vez seleccionados los conceptos a investigar, consideramos adecuado, antes de elaborar el instrumento de recogida de datos (cuestionario), comenzar por conocer la opinión de algunos profesores de Enseñanza Secundaria sobre puntos críticos revelados por su experiencia relativamente a apren-

(*) Escola Secundária de Pinhal do Rei. Marinha Grande. Portugal. E-mail: info@esec-pinhal-rei.rcts.pt

(**) Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa. Universidade de Aveiro. Portugal. E-mail: lmarques@dte.ua.pt

(***) Departamento de Ciências da Terra. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Portugal.

dizaje de los conceptos por nosotros seleccionados. Estas opiniones han sido elementos orientadores en la elaboración del cuestionario, el cuál fue administrado en una primera fase en el estudio-piloto y en una segunda en el estudio-principal, después de debidamente validado por tres investigadores.

La elección del cuestionario se debe al hecho de ser un instrumento relativamente sencillo de aplicar el cual permite interrogar a un elevado número de individuos facilitando la generalización y garantizando la confidencialidad, condición necesaria para la autenticidad de las respuestas (Pardal y Correia, 1995; Oppenheim, 1992). El cuestionario ha sido elaborado predominantemente a partir de cuestiones abiertas.

Los resultados obtenidos han sido sometidos a un primer análisis, de manera que podamos: (i) distribuir las respuestas de los alumnos en diversas categorías (C.R.) e (ii) proceder a la interpretación de las C.R. elaboradas. Este primer análisis, que incluye la validación de las categorías, ha permitido considerar que las cuestiones eran claras y estaban de acuerdo con los objetivos de la investigación.

Seguidamente procedemos al estudio principal. A partir de un universo de 825 alumnos, organizamos una muestra con 261 alumnos de áreas urbanas y suburbanas. Según Riles (1979), esta muestra es, en términos globales, representativa.

En lo referido al modelo del estudio de los resultados hemos optado por el análisis de contenido propuesto por Erickson (1979).

RESULTADOS

Como resultado del análisis de contenidos hemos construido para cada cuestión diversas C.R., cuyo título estaba de acuerdo con su contenido. Estas revelaron que los alumnos poseían ideas sobre como ocurrió la especiación de los vertebrados y las características de las extinciones, como podremos constatar para cada una de las seis cuestiones.

Comenzaremos por abordar conjuntamente las cuestiones 1 y 1.1, por el hecho de que éstas son referentes al concepto de "Especiación". Las cuestiones 2, 2.1 y 3, 3.1 son concernientes al concepto de "Extinción". Mientras que en las dos primeras se aborda el concepto a nivel global, en las dos úl-

timas se trata del concepto a un nivel más específico, ésto en lo que concierne al nivel del grupo de los mamíferos. En todas las cuestiones abordadas en conjunto, establecemos interrelaciones (comparación de las C.R.), de manera a que podamos analizar la consistencia de las respuestas.

Cuestión 1: *Anfibios, Aves, Mamíferos, Peces y Reptiles son grandes grupos de Vertebrados que existen en la Tierra. En tu opinión, cual habrá sido el orden por el que aparecieron los diversos grupos referidos a lo largo de la historia de la vida?*

En el análisis de las respuestas a la cuestión 1, consideramos los grupos de Vertebrados incluidos en el inicio y en el fin de las secuencias propuestas por los alumnos, de manera a definir la parte inicial y el final del proceso evolutivo. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Podemos constatar que, para 15% de los alumnos, los primeros vertebrados que surgieron en la Tierra fueron los Anfibios, y los últimos fueron los Mamíferos. Casi 10% de los alumnos piensan que los primeros vertebrados que poblaron la tierra fueron los Anfibios, siendo las Aves el grupo más reciente. Aproximadamente 3% de los alumnos defiende que los Reptiles han sido los primeros vertebrados que surgieron en la Tierra, habiendo surgido por último el grupo Mamíferos. Un cuarto grupo de alumnos (7%) opina que los Peces constituyen el primer grupo de vertebrados que pobló la tierra, mientras que el grupo de los Mamíferos surgió recientemente. Un otro grupo de alumnos (40%) sugiere que el primer grupo de vertebrados que pobló la Tierra fue el de los Peces y el de las Aves es el más reciente. Debemos referir también que, en todas las categorías de respuesta, la secuencia de los grupos intermedios de vertebrados es variable.

Analizando los resultados obtenidos (Tabla1), podemos constatar que para la mayoría de los alumnos (47%) los peces fueron los primeros vertebrados que surgieron en la Tierra. De los restantes alumnos (25%) consideraron ser los anfibios los primeros vertebrados, mientras que 3% consideraron los reptiles.

El elevado porcentaje de alumnos que seleccionaron los peces, puede deberse al hecho de ya haber tenido conocimiento de que la vida habría surgido

Categoría de Respuesta	N.º de Alumnos	Porcentaje (%)
C.R.1 – De los Anfibios a los Mamíferos	40	15
C.R.2 – De los Anfibios a las Aves	27	10
C.R.3 – De los Reptiles a los Mamíferos	7	3
C.R.4 – De los Peces a los Mamíferos	17	7
C.R.5 – De los Peces a las Aves	104	40
C.R.6 - Respuesta Adecuada	43	17
C.R.7 - "Otras"	22	8

Tabla 1: Distribución de las respuestas de los alumnos por las C.R. definidas para la Cuestión 1.

en el agua, de la misma manera que se habría abordado en el currículo formal de Ciencias.

Las respuestas en que los alumnos colocan a los anfibios en el inicio de la secuencia organizativa de los Vertebrados podría haber resultado también de la influencia de la idea relativa al medio donde la vida habría surgido. De esta manera los alumnos al reconocer que la vida tiene origen en el agua, consideran que los anfibios, debido a los medios que hoy ocupan, fueron los primeros Vertebrados que poblaron nuestro planeta. Además de esto y tal vez por la misma razón, los alumnos pueden haber formado la idea de que los anfibios ancestrales podrían haber originado otros grupos de Vertebrados. Sin embargo, esta perspectiva únicamente considera aspectos limitados de la idea evolutiva.

Igualmente habría pasado en relación a la colocación de los reptiles en el inicio de la secuencia de aparición de los Vertebrados. De esta manera, sabiendo los alumnos que los seres vivos surgieron en el medio acuático y que algunos reptiles viven en ese medio y otros son terrestres, podrían pensar que algunas especies de reptiles acuáticos ancestrales evolucionaron para dar lugar a los reptiles terrestres y a los restantes grupos de Vertebrados. Sin embargo, este punto de vista revela aspectos limitados de la idea fundamental.

Por lo que se refiere a la secuencia evolutiva de los Vertebrados, verificamos que la gran mayoría de los alumnos (55%) tiene la idea de que las aves resultaron de los mamíferos. Esta opinión tan generalizada podría estar relacionada:

- (i) con una visión antropomórfica de los alumnos: el hombre consigue andar en medio terrestre, consigue nadar en medio acuático y a lo sumo, consigue dar pequeños saltos; pero todavía no consigue volar sin medios auxiliares. De esta forma los alumnos podrían pensar que para volar es necesario determinadas características morfofisiológicas (que el Hombre no tiene) bastante desarrolladas y evolucionadas. Consecuentemente, los alumnos podrán extrapolar esta situación para la secuencia de aparición de los grupos de Vertebrados, considerando las aves como los Vertebrados más complejos, por lo que habrían surgido en último lugar.
- (ii) con la evolución y el perfeccionamiento de la propia tecnología, en la medida en que el Hombre solo recientemente ha utilizado con éxito la aviación. Del mismo modo que para que surgiese el primer “aparato volador” fueron necesarios muchos siglos de investigación, de evolución cultural, de abandono de proyectos hasta que se llegó a las formas aerodinámicas actuales, para los alumnos, las aves serían el resultado de millones de años de evolución de formas, de abandono poco provechoso que culminó en formas aerodinámicas que dominan los cielos.

Sin embargo, hay alumnos (25%) que opinan que los vertebrados más recientes son los mamíferos. Este punto de vista podría resultar:

- (i) de la influencia de los medios de comunica-

ción, al referirse genéricamente a los reptiles ancestrales como pertenecientes al grupo de los dinosaurios, que dominaron la vida en la Tierra hasta hace casi 65 millones de años, momento en el que hubo una abrupta modificación (la extinción de los dinosaurios y la ocupación de los nichos por los mamíferos). En base a esta información, los alumnos podrían pensar que los “reptiles voladores” (Orden Pterosauria) resultaron del grupo de dinosaurios (Orden Saurischia), correspondiendo a las primitivas aves y solamente con la extinción de los dinosaurios surgieron los mamíferos.

- (ii) del hecho que los alumnos consideren nuestra especie como la más evolucionada, una vez que ha conseguido desarrollar diversos medios de comunicación y de transporte, construir edificios, “combatir” algunas enfermedades, entre otros aspectos. Consecuentemente, los alumnos podrían pensar que los mamíferos han sido el grupo de Vertebrados que surgió al final. Una vez más se denota una perspectiva antropomórfica.

Cuestión 1.1: Justifica tu respuesta

Para organizar las diferentes C.R. para la cuestión 1.1, consideramos el tipo de interpretación presentada por los alumnos, teniendo en cuenta el grupo de Vertebrados incluido en el inicio y en el final de la secuencia considerada en la cuestión 1.

Para casi el 53% de los alumnos (C.R.1) los primeros seres vivos surgieron en el agua, posteriormente conquistaron la tierra firme y finalmente el medio aéreo. La respuesta presentada, extraída de un conjunto semejante, explicita esta situación: «*La necesidad de los peces ... los condujo a salir del agua ... dando lugar a los reptiles que, a su vez, evolucionaron para mamíferos. Igualmente sucedió con los mamíferos conduciéndoles a aves.*»

Otro grupo con casi el 30% de los alumnos (C.R.2) defiende que la vida tuvo su origen en el agua, conquistando primero el aire y posteriormente la tierra. Ejemplificando: «*Primero los anfibios se desarrollan dando lugar a los peces, después salen del agua y se convierten en reptiles, más tarde los reptiles desarrollan las alas y se convierten en aves, que a su vez dan lugar a los mamíferos.*»

El elevado porcentaje de alumnos que consideran que los primeros seres vivos surgieron en el agua (C.R.1 y C.R.2) podrá ser una vez más resultado de la influencia de ideas que radican en el modelo del “caldo primitivo”. A pesar de que las respuestas inseridas en la C.R.1 defienden que los seres vivos surgieron en el agua, poblaron el medio terrestre y solamente después el medio aéreo, las respuestas incluidas en la C.R.2 afirman que los primeros vertebrados surgieron del agua pero, al contrario, poblaron el medio aéreo y después el medio terrestre. Algunas interpretaciones en relación al punto de vista relativo a la C.R.2, ya han sido abordadas anteriormente. Respecto a las respuestas incluidas en la

C.R.1, en una primera aproximación podríamos pensar que estaríamos de acuerdo con el concepto científico. Sin embargo, esta situación no se verifica, ya que las respuestas de los alumnos revelaron un gran sentido lineal, sin considerar los modelos sintéticos. Además los alumnos no introducen aspectos importantes para la evolución de los vertebrados como por ejemplo, (i) la aparición de peces con aletas lobuladas que, al evolucionar, habrían dado lugar a los anfibios. Se cree que estos peces podrían soportar el peso del cuerpo sobre las aletas desplazándose por el fondo de los ríos o lagos permitiendo hacer incursiones en tierra firme; (ii) el tipo de fecundación que ha permitido que los reptiles no dependan del medio acuático (Bonis, 1991; Devillers y Chaline, 1990; Whitfield, 1993); (iii) el hecho de que mamíferos y aves hayan evolucionado a partir de linajes diferentes del grupo de los reptiles (Babin, 1991).

Del conjunto de respuestas dadas a las cuestiones 1 y 1.1, verificamos la existencia de 8% de alumnos de la muestra total, que mantuvieron el mismo punto de vista con relación al orden por el que fueron surgiendo los grupos de vertebrados, o sea, afirman que los primeros seres vivos surgieron en el agua, poblaron la tierra y posteriormente el

medio aéreo. Sin embargo, los alumnos no tienen en consideración que las nuevas especies, pueden resultar de la acumulación gradual de diferencias genéticas entre estirpes, en reacción a la selección por la adaptación a los diferentes ambientes, o bien pueden formarse a través de la acumulación abrupta y/o estocástica de diferencias genéticas (Watson, 1995). Resumiendo, los alumnos no tienen la noción de que la especiación es un acontecimiento fundamental en el proceso evolutivo, y más en concreto, en la proliferación de la diversidad biótica (Raup, 1993).

Cuestión 2: Los gráficos 1 a VI (Tabla 2), presentan varias posibilidades para la diversificación biológica a lo largo del tiempo. Escoge el gráfico que pienses representa mejor la manera como se procesó esa diversificación.

Para la organización de las C.R. consideramos los criterios: (i) variación del número de la diversidad biológica (familias) a lo largo del tiempo geológico; y (ii) ocurrencia de radiaciones adaptativas y/o de crisis biológicas (extinciones). Del análisis de las respuestas obtuvimos las C.R. referidas en la tabla 2.

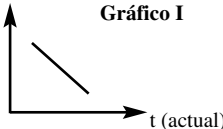
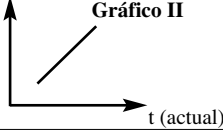
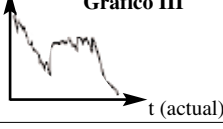
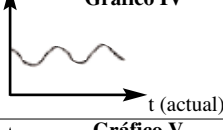
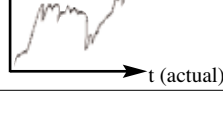
Categoría de Respuesta	Diversificación	Nº de Alumnos	%
C.R. 1 - Disminución lineal del número de las familias	Diversificación biológica  Gráfico I	29	11
C.R. 2 - Aumento lineal del número de las familias	Diversificación biológica  Gráfico II	36	14
C.R. 3 - Disminución no lineal del número de las familias	Diversificación biológica  Gráfico III	33	13
C.R. 4 - Mantenimiento de la media de las familias	Diversificación biológica  Gráfico IV	24	9
	Diversificación biológica  Gráfico V		
C.R. 5 - Respuesta Adecuada	Diversificación biológica  Gráfico VI	130	50
C.R. 6 - "Otras"		3	1
C.R. 7 "Sin respuesta"		6	2

Tabla 2: Distribución de las respuestas de los alumnos a partir de las C.R. definidas para la Cuestión 2; t: tiempo (Gráficos III y IV adaptados de Budyko et al., 1988; Raup, 1982; Sepkoski, 1992 en Devillers et al., 1990 y Watson, 1995).

Podemos constatar que, para el 11% de los alumnos, la diversidad biológica ha sufrido una disminución lineal, a lo largo del tiempo geológico. Este punto de vista podría resultar de la influencia de los mass media, al transmitir la idea de que la vida en nuestro planeta se ha ido deteriorando especialmente en los grupos en riesgo de extinción. A partir de esta información, los alumnos elaboran conceptos simplistas de la realidad, en este caso disminución constante del número de especies y consecuentemente, de las familias a las que pertenecen o sea, un aumento constante de las extinciones.

Casi el 14% de los alumnos defiende la idea de que en el curso del tiempo geológico, la diversidad biológica ha aumentado siempre y de forma lineal, lo que podría implicar una disminución relativa en la velocidad de las extinciones. Una posible explicación para este hecho residiría en la tendencia que tienen los alumnos a explicar las regularidades de la naturaleza, basándose frecuentemente en puntos de vista humanos. Concretando, suponemos que los alumnos escogieron el gráfico que representa un incremento lineal de la diversidad biológica, una vez que la comparan *a grosso modo* con el crecimiento de la población humana, muy divulgado por los mass media. Sin embargo, el crecimiento de la población humana nunca se representaría a través de un incremento lineal, como el del gráfico II (Tabla 2).

Aproximadamente el 13% de los alumnos, piensa que la diversidad biológica sufrió un descenso irregular en el curso del tiempo debido a la recurrencia de episodios de extinción y de especiación. Este punto de vista puede revelar la influencia de los mass media al contribuir con informaciones que inducen a los alumnos a pensar, que en los últimos siglos, el número de especies y por consecuencia de familias, ha venido disminuyendo irregularmente debido a la acción del Hombre. Esta disminución irregular puede ser que traduzca la propia distinción en el espacio y en el tiempo de las velocidades de extinción y de especiación (!).

Un cuarto grupo de alumnos (9%), apoyaron el mantenimiento de la diversidad biológica. Es la perspectiva defendida por dos subgrupos. En uno de ellos, las respuestas (gráfico IV, tabla 2) revelan que hubo alternancia de periodos de especiación con periodos de extinción, o sea, fluctuaciones cíclicas de la diversidad biológica en el curso del tiempo. Para estos alumnos, la variación del número

de familias ha sufrido pequeñas oscilaciones, tal vez como extrapolación de lo que ocurre a nivel de las poblaciones. Esto es debido a que de la misma manera que en una población existen momentos en que las muertes son superiores a los nacimientos, existen otros en que este hecho se produce a la inversa. Siendo así, existirán oscilaciones en el número de individuos de la población. Debido a esto los alumnos podrán extrapolar la fluctuación en el número de individuos hacia la fluctuación del número de familias, pasando de una escala para otra (del individuo hacia la familia) sin darse cuenta.

Las respuestas del otro subgrupo (gráfico V, Tabla 2) defienden una diversificación constante de la diversidad biológica sin grandes alteraciones. Esta concepción deriva tal vez de las informaciones transmitidas en la enseñanza formal con relación a los sistemas naturales. Éstos, como sistemas abiertos, están constantemente sufriendo la influencia de materia y de energía, resultado de un equilibrio metastable. Sin embargo, los alumnos consideran que el sistema natural al que hacemos referencia, está en permanente equilibrio estático (gráfico V), una vez que no tuvieron en cuenta factores importantes que tuvieron lugar en el curso del tiempo, los cuales habrían provocado un mayor número de extinciones en relación a la aparición de un mayor número de familias, o viceversa. De acuerdo con Bonis (1991), Flessa (1979), Gutschick (1979), Raup (1993), éstas son ejemplos de las alteraciones biológicas (dimensiones de las poblaciones; vida de una línea filética y fragilidad de las especies;...), las alteraciones cósmicas (variación de la radiación solar; colisión con la Tierra de meteoritos;...) y las alteraciones del clima, del nivel de los mares y de la salinidad;...) que provocaron rupturas en el sistema natural.

Cuestión 2.1: Justifica la elección que has efectuado.

Para la organización de las C.R. utilizaremos como criterio el tipo de interpretación presentado por los alumnos, teniendo en cuenta la forma como sucedió la diversificación biológica (especie) en el curso del tiempo. Hemos obtenido seis C.R. como muestra de la Tabla 3.

Casi el 22% de los alumnos defienden la existencia de una disminución del número de especies

Categorías de Respuesta	N ° de Alumnos	Porcentaje (%)
C.R.1 - Disminución del número de especies	58	22
C.R.2 - Aumento del número de especies	131	50
C.R.3 - Mantenimiento de la media de las especies	22	8
C.R.4 - Respuesta Adecuada	14	5
C.R.5 - "Otras"	21	8
C.R.6 - "Sin Respuesta"	15	6

Tabla 3: Distribución de las respuestas de los alumnos en las C.R. definidas para la Cuestión 2.1.

en el curso del tiempo, y consecuentemente un aumento en el número de las extinciones. Consideramos dos grupos, ya que hay respuestas que se refieren a este decrecimiento como ocurrido de forma lineal (gráfico I, Tabla 2). “A lo largo del tiempo hubo especies que se extinguieron y otras que aparecieron, pero... no fueron tantas como las desaparecidas, por eso aparece la disminución en el gráfico” -Mientras que otras defienden la existencia de una disminución global no regular (gráfico III, Tabla 2) correspondiendo alternativamente, a situaciones de extinción y especiación- “Desde el principio de los tiempos hubo una gran evolución de los seres vivos, causada por una catástrofe natural que produjo la extinción de casi todos esos seres y a partir de los que quedaron se desarrolló la evolución hasta lo que hoy tenemos, habiendo habido siempre extinciones.”

Tras estas respuestas estarían ideas que podrían resultar, una vez más, de la influencia de los mass media. En ellas los alumnos reconocen que el número de especies ha ido disminuyendo en los últimos siglos (y las extinciones han ido aumentando) debido, principalmente, a la acción del Hombre. Sin embargo, los alumnos extrapolan esta situación que ocurre en los últimos siglos, para toda la historia de la vida. En la actualidad y a una escala pequeña, la biodiversidad está reduciéndose a una velocidad alarmante (Keogh 1995). Digamos que es, una vez más, una concepción reduccionista de la realidad. Cuando se consideran las extinciones inherentes al desarrollo de las propias especies -si las especies son frágiles- las perturbaciones susceptibles de provocar la extinción pueden ser relativamente moderadas y hasta comunes; por el contrario si las especies son resistentes, es necesario que las condiciones sean muy severas y probablemente poco comunes, para poder provocar extinciones (Raup, 1992). Por regla general las especies se caracterizan por tres acontecimientos que definen su existencia -el origen, el tiempo de duración y la extinción (Figura 1).

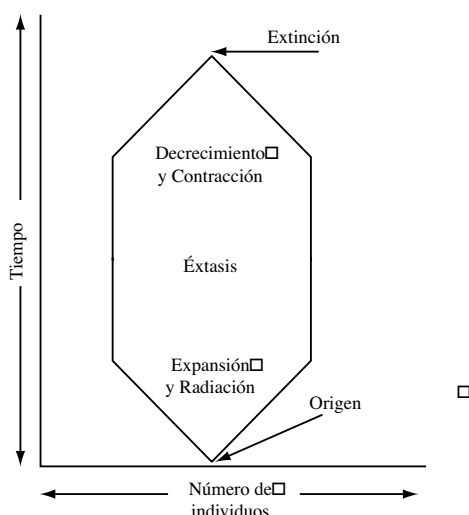


Figura 1: Modelo teórico del desarrollo de las especies (adaptado de Jenkins, 1994).

Después de su origen, si la especie es viable, muestra un incremento en el número de individuos y, normalmente, se extenderá geográficamente. Después del clímax, la especie podrá tener un declive en el número de individuos antes de extinguirse, pudiendo éste aparecer acompañado por una concomitante contracción geográfica (Jenkin, 1994). Por eso cualquier especie acaba por extinguirse a lo largo del tiempo.

Para la mayoría de los alumnos (50%), el número de especies ha ido aumentando siempre a lo largo del tiempo geológico. Han sido identificadas dos posiciones en cuanto a la forma como se produjo ese aumento. Una se refiere al crecimiento del número de especies como lineal y constante (gráfico II, Tabla 2). La afirmación “Porque a través de las diferentes mutaciones genéticas fueron existiendo cada vez mas especies,” es reveladora de este punto de vista.

La otra postura defiende un crecimiento irregular, sin presentar ninguna hipótesis que la sustente (gráfico VI, Tabla 2) - “La evolución de las especies no se ha dado de una forma constante ya que hubo inmensos sobresaltos en la evolución de las especies, como por ejemplo la extinción de los dinosaurios”.

Tras las respuestas incluidas en las subcategorías podrían estar aquellas acerca del origen de la vida, abordadas en el currículo formal, donde los alumnos reconocen que, a partir de los primeros seres vivos unicelulares, surgieron seres cada vez más complejos y diversificados. Sin embargo en la primera subcategoría los alumnos interpretan la diversificación “cuantitativa” y “cualitativa”, sin dimensionar aspectos relevantes como el de las extinciones. Verificamos así que, en este punto de vista, existe una tendencia a explicar las regularidades de la naturaleza en términos simplistas y artificialistas. En relación al punto de vista considerado en la segunda subcategoría, los alumnos ya tienen una concepción menos reduccionista de la realidad, pero sin embargo sus respuestas todavía no están próximas de la versión científica.

Un tercer grupo de alumnos (8%) cree en un mantenimiento de la media global del número de especies. Así como del número de extinciones. Identificamos aquí dos subgrupos. En uno las respuestas de los alumnos revelan la existencia de alternancia de periodos de especiación con periodos de extinción o sea, fluctuaciones cíclicas del número de especies a lo largo del tiempo: «... Muchas especies van desapareciendo, dando lugar a nuevas especies, más adaptadas a nuestros días. Pienso que el número de especies es cíclico».

Estas ideas podrían ser el resultado de la influencia de documentales transmitidos por los programas televisivos. A través de ellos, los alumnos reconocen que, a lo largo del tiempo geológico, algunas especies se extinguieron y otras surgieron. Siendo así, habría oscilaciones en el número de especies. Ésta es una perspectiva reduccionista, ya que los alumnos no consideran que en determinados periodos geológicos, por ejemplo, el número de extinciones haya ultrapasado la aparición de nuevas especies. Además, tenemos que tener en cuenta un cierto descono-

cimiento de la magnitud del “tiempo geológico”, de la expresión de la durabilidad de la propia Tierra. Las respuestas del otro subgrupo defienden una diversificación constante del número de especies, a lo largo de tiempo geológico, sin haber sufrido nunca alteraciones: «...*Me parece que el número de especies se mantuvo. Mientras que algunas especies se extinguieron, otras fueron apareciendo.*»

Podemos constatar que los alumnos justifican estas opiniones, debido al hecho de haberse dado el mismo número de extinciones que de apariciones de nuevas especies. A pesar de todo los alumnos no tienen tendencia a considerar que, por ejemplo en determinados momentos, podría haber surgido un mayor número de especies en relación al número de extinciones, o bien lo contrario. Para éstos el sistema natural está permanentemente en equilibrio estático. Esta perspectiva, que está de acuerdo con una característica de las concepciones elaboradas por los alumnos, es una explicación simplista de la realidad. Además de esto, todavía para este subgrupo, destacamos la posibilidad de confrontación con la propia idea de ciclicidad.

Si comparásemos las repuestas dadas a las cuestiones 2 y 2.1 a través de la interpretación de las Tablas 2 y 3 podríamos deducir que algunos matuvieron la misma concepción relativa a lo acontecido al número de especies, desde que surgió la vida. Las posiciones de estos alumnos se encuentran repartidas de la siguiente manera: i) ha habido una disminución del número de especies; ii) hubo un crecimiento del número de especies en el correr del tiempo; iii) se ha verificado una fluctuación del número de especies.

Verificamos que los alumnos no tienen noción de la existencia de episodios de extinción en masa, es decir, episodios de gran incremento de las tasas de extinción a escala geológica, eliminando gran cantidad de seres vivos y que podrían tener que ver con una ocurrencia cíclica (Bonis, 1991; Flessa, 1979; Molina, 1994). Sepkoski (1989) presentó un modelo estadístico de periodicidad, fundamentado en análisis a escala de las familias. Basándose en estos datos, Raup e Sepkoski (1988) admitieron una ciclicidad de 26 millones de años en las extinciones en masa durante los últimos 250 millones de años. Así, a lo largo de la historia de la vida, según diversos autores, ocurrieron cinco grandes crisis de extinción: fin del Ordovícico; Devónico tardío; fin del Pérmico; fin del Triásico y límite Cretácico/Terciario.

Cuestión 3: Lee atentamente las siguientes afirmaciones:

Afirmación A: En una determinada época de la historia de la Tierra, se extinguieron todas las especies de mamíferos, excepto una, así como algunas especies de otros grupos.

Afirmación B: En una determinada época de la historia de la Tierra, de todas las especies de mamíferos existentes se extinguieron preferencialmente las especies de los grandes mamíferos, así como algunas especies de otros grupos.

Escoge la afirmación que en tu opinión, explique mejor lo que aconteció a la diversidad de los mamíferos en esta época.

Para organizar las C.R. utilizamos el criterio “selectividad de las extinciones”.

Casi el 9% de los alumnos defienden que en una determinada época de la historia de la Tierra, todas las especies de mamíferos se extinguieron, habiéndose producido únicamente una excepción. Este punto de vista tal vez sea el resultado de que los alumnos piensen que cuando se dan desastres ecológicos en una determinada región, casi todos los seres vivos que habitan en esa región acaban por morir. Basándose en este hecho, los alumnos transitan de un concepto a otro pasando de individuos hacia especies, esto va al encuentro de la afirmación: “*se extinguieron todas las especies de mamíferos excepto una*”. Esta especie sobreviviente, para los alumnos podría haber sido el ancestro de todas las especies de mamíferos existentes actualmente. Por este hecho, los alumnos no entienden la extinción como un fenómeno aparentemente selectivo.

Se constituyeron además otras C.R. donde se consideran las respuestas que están de acuerdo con los conceptos científicos actualmente aceptados (87%). Otras afirmaciones no nos permitieron inferir sobre la opinión de los alumnos, debido al hecho que las respuestas fueron insuficientes (2%) o bien no respondieron a la cuestión (2%).

Cuestión 3.1: Justifica tu elección.

En el análisis de las respuestas a la cuestión 3.1 consideramos como criterio el tipo de interpretación relativo a la “selectividad de las extinciones” presentada por los alumnos.

El 4% de la muestra opina que, en una determinada época de la historia de la Tierra, todas las especies de mamíferos se extinguieron, excepto una. Para estos alumnos las extinciones no fueron selectivas en relación al grupo de mamíferos: «*Posiblemente se deba a esta extinción la gran variedad de mamíferos todos parecidos.*»

Esta concepción habrá convergido hacia la admisión de un grado de semejanza entre todos los mamíferos, a pesar de la diversidad reconocida en la actualidad. La fuente de información de este punto de vista podría ser los medios de comunicación, pero también podría provenir del aula. Normalmente, admiten que una determinada especie ancestral haya evolucionado y originado las diversas especies, o sea el haber existido lo que podemos designar por “efecto del Arca de Noé”.

Sin embargo para la mayoría de los alumnos (casi el 69%) las extinciones fueron selectivas en relación al grupo de mamíferos. No obstante no se encuentran próximas de la versión científica, habiéndose verificado la existencia de los siguientes cuatro subgrupos:

- (i) La selección sobrevino debido al hecho de que los mamíferos de gran tamaño no se adaptaron a nuevas condiciones, principalmente climáticas, o resultante de otros acontecimientos, como por ejemplo la colisión de un meteorito con la Tie-

rra. Ejemplificando: *«Es la B porque los grandes mamíferos poseían un organismo más complejo, tal vez menos resistente a los cambios bruscos de condiciones ambientales, por ejemplo: la época de los glaciares habría provocado la extinción de los mamuts, animales de gran tamaño.»*; *«Esta selección se debe al hecho de haberse registrado una lluvia de meteoritos la cual hizo que los mamíferos de gran porte no sobreviviesen, al igual que otros animales...»*.

(ii) La selección fue el resultado de la escasez de alimentos. Los alumnos que defienden esta posición justificaron su criterio con la siguiente afirmación: *«Porque las especies de los mamíferos de gran tamaño, al ser mayores necesitaban de mayor cantidad de alimento para su supervivencia...el alimento no era suficiente y provocó su extinción»*.

(iii) la afirmación A no es correcta porque la existencia en la actualidad de diversas especies de mamíferos, imposibilita que podamos admitir que todas tuviesen su origen a partir de un único ancestro. Esta opinión es todavía más compleja cuando se confunden escalas de significación (animal/especie). Los alumnos que defendieron estas posiciones, presentaron respuestas como la que fue seleccionada: *«Me parece imposible que haya quedado únicamente una especie de mamíferos, porque de esta manera todas las que existen hoy, tendrían que venir del mismo animal. Este animal habría tenido que sufrir varias «mutaciones» para llegar a dar muchas especies diferentes.»*

(iv) la afirmación B es correcta porque los dinosaurios son la prueba de como se produjo la desaparición de los mamíferos de gran tamaño. Suponemos que para los alumnos defensores de esta posición, los dinosaurios como grupo que han sido de vertebrados dominantes, en determinado periodo del tiempo geológico, habrían evolucionado hasta la aparición de diversas especies de mamíferos existentes en la actualidad, incluyendo nuestra propia especie. De esta manera existe una transposición de conceptos: pasan de reptiles a mamíferos. Esta concepción ha surgido eventualmente por el hecho de que los alumnos se encuentren familiarizados con los dinosaurios, a través de los diversos medios de comunicación sin que, a pesar de ello en esos medios se aborde el verdadero significado taxonómico del grupo. Concretando: *«Porque se extinguieron las especies de los grandes mamíferos, como ... los dinosaurios»*.

Estas ideas puede que esten relacionadas con el hecho de que los alumnos se hayan dejado influir por diferentes fuentes de información (películas, documentales, periódicos, CDs) que muchas veces divulgan las extinciones de una forma distorsionada de la realidad: el síndrome del Parque Jurásico. En consecuencia los alumnos tienen una perspectiva simplista de la realidad y la justifican con base en puntos de vista humanos, como por ejemplo: el frío y la falta de alimento provocan la muerte.

Además se constituyeron otras C.R. donde se consideran respuestas que no subministran evidencias suficientes para sacar una conclusión sobre la opinión de los alumnos (11%), situaciones en que los alumnos afirmaron no saber responder a la cuestión (4%) o no respondieron (11%).

Comparando las respuestas dadas a las cuestiones 3 y 3.1, verificamos que algunos alumnos de la muestra total, mantuvieron el mismo punto de vista relativo a la ausencia de selección en los mamíferos (3%) y selección en los mamíferos (20%). Consecuentemente podremos concluir que algunos alumnos tienen las dos concepciones enraizadas.

IMPLICACIONES EDUCATIVAS

De la discusión efectuada anteriormente se deduce que las respuestas de algunos alumnos presentaban divergencias bis a bis de las actuales versiones científicas. Las respuestas encontradas, o bien son simplistas en terminos de contenido científico, o bien visiones parciales de determinadas situaciones, o son visiones de sentido común resultantes de aprendizajes no formales. Apreciamos, de esta manera, una clara indicación de ideas más o menos alejadas de la versión científica que fueron construidas por los alumnos en relación a un contexto específico (Brown, 1992; Marques, 1994; Marques y Thompson 1997a). Los resultados obtenidos apuntan a que un considerable número de alumnos piensa: (i) que el primer grupo de Vertebrados que surgió en la Tierra fue el de los peces, habiendo el grupo de mamíferos originado el de las aves; (ii) que las extinciones no son selectivas; (iii) que las extinciones en masa no son cíclicas.

De esta manera, la hipótesis de trabajo inicialmente formulada acabó por verificarse. Por este hecho podemos afirmar que algunos alumnos no tienen la noción de que: (i) la vida tiene una historia global discontinua, donde fases de radiación alternan con otras de extinción (Mayr, 1981); (ii) de un modo general, cuando un grupo se extingue independientemente de su nivel sistemático, libera un nicho ecológico, que podría ser conquistado por nuevas formas. La historia de la vida tiene buenos ejemplos de substitucion. En los Vertebrados, por ejemplo, asistimos a un retroceso de los Anfibios ante los Reptiles y después al declive de estos últimos ante los Mamíferos (Babin, 1991; Gould, 1991, 1995).

A partir de aquí podría resultar conveniente establecer estrategias de enseñanza, que partiendo de las concepciones de los alumnos, promuevan su modificación a través de la reestructuración cognitiva. Ésto es así porque los alumnos son arquitectos de su propio aprendizaje, a través de un proceso de equilibrio entre el conocimiento previo y las nuevas experiencias (Berry y Sahlberg, 1996; Stofflett, 1994). La adquisición de conocimientos resulta de una actividad constructiva del alumno, confrontando las informaciones nuevas con los conocimientos previos, para producir nuevos significados. Consecuentemente, el aprendizaje ocurrirá siempre que exista una alteración en las ideas de los alumnos, en

vez de corresponder a la adición de nueva información o a la reorganización de lo que ya es conocido (Appleton, 1997).

Si consultamos la bibliografía (Marques, 1994; Marques e Thompson, 1997a, 1997b; Stofflett, 1994) es posible encontrar algunas líneas orientadoras, implícitas en varios modelos de enseñanza y aprendizaje previamente desarrollados y probados que pretenden alcanzar aquellos objetivos, como: (i) confrontar a los alumnos con sus concepciones, teniendo como objetivo colocarlos en conflicto conceptual, creando una de las condiciones necesarias para una apertura a nuevas explicaciones de los fenómenos; (ii) presentar las versiones científicas de manera que éstas aparezcan como más ventajosas (puesto que tienen una mayor capacidad explicativa de las situaciones) y susceptibles de substituir las concepciones de los alumnos; y (iii) utilizar situaciones de enseñanza que sean familiares al alumno.

Hemos optado por integrar las ideas propuestas en un modelo de raíz constructivista en el cual se consideran las fases de reconocimiento, de reflexión, de reconstrucción y de revalidación (Marques y Thompson 1997b). En este ámbito, aunque seamos conscientes, no solamente de que en la enseñanza no existen recetas, así como de la gran dificultad en elaborar propuestas para los conceptos abordados, comenzaremos refiriendo algunas implicaciones educativas para los conceptos en cuestión, para facilitar el necesario cambio conceptual.

Una vía que nos parece suficiente para ayudar a los alumnos que no consideran la influencia de la evolución (que permite que, a partir de los reptiles, aparezcan por igual las aves y los mamíferos) es colocarles cuestiones que conduzcan a la identificación de metodologías necesarias para la comprobación de esta idea. De hecho, en las fases de reconocimiento y de reflexión del modelo anteriormente referido, se deberán elaborar estrategias que incluyan y discutan opiniones que los alumnos reconozcan como propias, por lo que ellos deberán construir sus metodologías, para comparar sus ideas iniciales con opiniones eventualmente descubiertas. Con esta situación pretendemos que se aborde: (i) el estudio de rocas sedimentares fosilíferas (en el campo y en el laboratorio); (ii) la investigación bibliográfica relativa al registro fósil; y (iii) la interpretación de modelos filogenéticos.

A partir de estas indicaciones enfrentaremos a los alumnos a situaciones concretas que revelen, que, de la misma forma, el grupo de las Aves y el de los Mamíferos habrían tenido su origen en los Reptiles. Para ello, podremos seleccionar un modelo de la evolución de los reptiles. En la fase de reconstrucción y de reevaluación del modelo de Marques y Thompson se deberán elaborar metodologías que permitan descubrir posibles soluciones para el problema en cuestión, así como actividades que revelen si los alumnos comprendieron o no significativamente los conceptos científicos. Después de haber enfrentado a los alumnos con el modelo filogenético, podremos introducir cuestiones que conduzcan a la identificación de los grupos de Ver-

tebrados que se originaron a partir de los Reptiles del Paleozoico. La intención es ayudar a los alumnos a que constaten que los Mamíferos y las Aves son el resultado de ésta evolución.

Otro grupo de alumnos considera que algunas extinciones no han sido selectivas para determinados grupos de organismos, a lo largo de los tiempos geológicos. Para esta situación, en las fases de reconocimiento y de reflexión se deberá acudir a la elaboración de actividades que posibiliten a los alumnos establecer interrelaciones entre éstas y su conocimiento, así como que definan los problemas en cuestión. Consecuentemente y de forma que los alumnos adquieran el concepto de selección sugerimos que retomemos la Frase A de la Cuestión 3: "En una determinada época de la historia de la Tierra se extinguieron todas las especies de mamíferos, excepto una, así como algunas especies de otros grupos". Posteriormente enfrentamos a los alumnos a gráficos que representen la biodiversidad de algunos Vertebrados (Reptiles y Mamíferos) a lo largo del tiempo geológico. Esto debería iniciar la fase de reconstrucción y de reevaluación de las ideas de los alumnos con las ideas científicas. Basándose en gráficos, los alumnos deberán calcular el número de extinciones que sobrevivieron en los dos grupos de Vertebrados, durante un determinado intervalo de tiempo, por ejemplo el Pleistoceno. Por medio de este cálculo se espera que la concepción de los alumnos entre en conflicto con el concepto científico, cuando constatan que en ese tiempo, se extinguieron casi diez especies de Mamíferos y solamente una especie de Reptiles (lo que está en desacuerdo con la afirmación A). Por lo tanto, pretendemos que los alumnos lleguen a la conclusión que la extinción que sobrevino en el Pleistoceno fue selectiva, ya que de todas las especies de mamíferos aproximadamente diez se extinguieron.

De acuerdo con lo que se acabamos de exponer, podremos deducir que el conocimiento de los profesores acerca de las concepciones de los alumnos en relación a los conceptos considerados debe de ser un incentivo para que éstos puedan organizar sus actividades de enseñanza de forma más sugerente y útil para la comprensión de los fenómenos referentes a la especiación y extinción.

BIBLIOGRAFÍA

- Appleton, K. (1997). *Analysis and Discription of Students Learning during Science Classes Using a Constructivist-Based Model*, Journal of Research in Science Teaching, 34(3), 303-318.
- Babin, (1991). *Principes de Paléontologie*, Armand Colin, Paris, págs.11-29; 167-179; 367-397.
- Berry, J. & Sahlberg, P. (1996). *Investigating Pupils Ideas of Learning*, Learning and Instruction, 6 (1),19-36.
- Bettencourt, T. & AmaraL, I. (1992). *A Nutrição das Plantas* in "Ensino das Ciências e Formação de Professores — Projecto MUTARE", Universidade de Aveiro, N.º3, 33-73.
- Bonis, L. (1991). *Évolution et extinction dans le règne animal — Les grands problèmes de l'évolution*, Masson, Paris.

- Brown, D. E. (1992). *Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change*, Journal of Research in Science Teaching, 29, 17-31.
- Devillers, C. & Chaline, J. (1990). *La Théorie de L'évolution — Etat de la question à la lumière des connaissances scientifiques actuelles*, Gauthier-Villars, Paris.
- Erickson, G. L. (1979). *Children's Conceptions of Heat and Temperature*, Science Education, 63(2), 221-230.
- Flessa, K. W. (1979). *Fossil Record*, The Encyclopedia of Earth Sciences Series, Paleontology, Vol.VII, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Stroudsburg Pennsylvania, 300-305.
- Gould, S. J. (1991). *O Sorriso do Flamingo — Reflexões sobre História Natural*, Ciência Aberta Gradiva, Lisboa.
- Gould, S. J. (1995). *A Vida é Bela — O Xisto de Burgess e a Natureza da História*, Ciência Aberta Gradiva, Lisboa.
- Gutschick, R. C. (1979). *Fossil Record*, The Encyclopedia of Earth Sciences Series, Paleontology, Vol.VII, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Stroudsburg Pennsylvania, 316-327.
- Jenkins, D. G. (1994). *Predicting Extinctions* in "Extinction y Registro Fosi", Cuadernos Interdisciplinarios N°5, SIUZ, Mira Editores, 219-227.
- Marques, L. F. (1994). *From misconceptions to modified teaching-learning strategies in earth sciences in Portuguese. Secondary Education*, Tese de Doutoramento, Universidade de Keele.
- Marques, L.F. & Thompson, D. (1997a). *Portuguese Students' Understanding at Ages 10-11 and 14-15 of the Origin and Nature of the Earth and the Development of Life*, Research in Science & Technological Education, 15(1), 29-51.
- Marques, L.F. & Thompson, D. (1997b). *Misconceptions and Conceptual Changes Concerning Continental Drift and Plate Tectonics Among Portuguese Students Aged 16-17*, Research in Science & Technological Education, 15(1), 29-51.
- Mayr, E. (1981). *La Biologie de L'évolution*, Hermann, Paris, Cap.1, 7, 8 e 11.
- Molina, E. (1994). *Aspectos Epistemológicos y Causas de la Extinction* in "Extincion y Registro Fosi", Cuadernos Interdisciplinarios N.º 5, Siuz, Mira Editores, 11-30.
- Oppenheim, A. N. (1992). *Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement*, New Edition, Pinter Publishers London and New York, Cap. 7; 12.
- Pardal, L. & Correia, E. (1995). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*, Areal Editores, Porto.
- Raup, D. M. (1993). *De L'Extinction des Épeces — Sur les causes de la disparition des Dinosaures et de quelques milliards d'autres*, Gallimard.
- Raup, D. M. & Sepkoski Jr., J. J. (1988). *Testing for Periodicity of Extinction*, Science, 241, 94-96.
- Riles, W. (1979). *Program Evaluator's Guide*, California State Department of Education, Superintendent Education Texting Service Princeton.
- Rye, J. A.; Rubba, P. A. & Wiesenmayer, R. L. (1997). *An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming*, International Journal of Science Education, 19(5), 527-551.
- Sepkoski Jr. J. J. (1989). *Periodicity in extinction and the problem of catastrophism in the history of life*, Journal of Geological Society, 146, 7-19.
- Stahly, L.; Krockover, G.H. & Shepardson, D.P. (1999). *Third grade students' ideas about the lunar phases*, Journal of Research in Science Teaching, 36(2), 159-177.
- Stofflett, R. T. (1994). *The Accomodation Of Science Pedagogical Knowledge: The Application of Conceptual Change Constructs to Teacher Education*, Journal of Research in Science Teaching, 31 (8), 787-810.
- Toplis, R. (1998). *Ideas about acids and alkalis*, School Science Review, 80(291), 67-70.
- Watson, R.T. et al. (1995). *Global Biodiversity Assessment*, UNEP, Cambridge University Press, Cap.4.
- Whitfield, P. (1993). *História Natural da Evolução*, Editorial Verbo. ■