

## CAMBIANDO LAS IDEAS SOBRE EL CAMBIO BIOLÓGICO

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.

Departamento de Didáctica das Ciências Experimentais. Universidade de Santiago.

---

### SUMMARY

Results of a study on the learning of Natural Selection are presented, focusing on the lines for the design of an instructional sequence used with secondary school students, taking into account the alternative ideas they use to interpret biological change. Some aspects of the conceptual change model are discussed, as well as the convenience of working other curricular topics with a similar methodology, from a perspective viewing educational problems related to complex causes

---

### INTRODUCCIÓN

¿Existe alguna forma de llevar a cabo una enseñanza de las Ciencias eficaz? En mi opinión, esta cuestión dista de estar resuelta. Hasta ahora se han dado pasos en la identificación de los problemas en el aprendizaje de conceptos, con gran número de estudios sobre las concepciones alternativas; y existe un cierto consenso en torno al modelo de aprendizaje como construcción (Clemenson 1990); el acuerdo es menor acerca de si esto implica un modelo determinado de enseñanza (Millar 1989), y los estudios sobre la puesta en práctica de unidades en esta perspectiva son escasos.

Estas líneas pretenden contextualizar el trabajo que sigue: una unidad sobre la Evolución y la Selección Natural—utilizada en Secundaria— dirigida a cambiar las concepciones lamarckistas por otras darwinistas. Consideramos positivos los resultados de su puesta en práctica, pero ni es fácil generalizar a otros temas y contextos, ni la unidad se presenta como un modelo acabado, sino más bien como sugerencia para quienes se enfrentan a problemas parecidos.

El diseño de la unidad y su prueba en el aula forman parte de una investigación más extensa (Jiménez 1990) sobre el aprendizaje de la Selección Natural. En *Enseñanza de las Ciencias* (1990, 3(3)) ha aparecido un resumen de la misma, por lo que nos limitaremos a señalar que la investigación aborda tres problemas complementarios: —las dificultades en el aprendizaje de la selección natural —las deficiencias en la forma de enseñarla —la posibilidad de enseñarla logrando mejores resultados en el aprendizaje.

En este artículo trataremos la última cuestión, con algunas referencias a la primera, abordando los siguientes puntos:

- \* El modelo de cambio conceptual.
- \* Las ideas más extendidas sobre la Selección Natural.
- \* La unidad «Cómo cambian los seres vivos».
- \* Las implicaciones de su puesta a prueba para la enseñanza.

### ¿INTERCAMBIO O CAPTURA CONCEPTUAL?

Las ideas previas de las y los estudiantes no son fáciles de cambiar, entre otras razones porque les resultan adecuadas para interpretar algunas parcelas de la realidad, y a menudo (Lucas 1987) persisten *incluso* entre personas con estudios de Ciencias. Además, como señala Hasweh (1986) el conocimiento procedimental resulta más difícil de modificar que el declarativo (por ejemplo, no basta «conocer» la sintaxis de una lengua extranjera para utilizarla correctamente).

Algunos autores (Posner et al. 1982, Osborne y Wittrock 1983) propusieron un modelo de aprendizaje llamado de *cambio conceptual*—Osborne y Wittrock lo denominaron *aprendizaje generativo*— que supone la sustitución de la idea previa o alternativa, por la nueva, acorde con la aceptada por la comunidad científica. Por las iniciales de sus autores, las referencias a este modelo se hacen, a veces, como PSHG.

Ahora bien, como indica Hewson (1981), este modelo parte de que la idea previa y la nueva son incompatibles. Pero hay muchos casos, por ejemplo el concepto de ser vivo, o algunos aspectos de fisiología animal (Carey 1985), en que las ideas de las y los estudiantes evolucionan o se amplían a lo largo de la escolarización hasta llegar a ser coherentes con la «ciencia escolar». Clement et al. (1989) denominan estas ideas que pueden ser utilizadas en la instrucción «anclas» (*anchor*), proponiendo estrategias para identificarlas.

Por esto Hewson (1981) propone ampliar el modelo de cambio conceptual al caso en que las ideas previa y nueva puedan conciliarse, y llama a esta modalidad *captura conceptual* (que, por tanto sería aprendizaje significativo, y no, —como de forma inadecuada interpretan Hierrezuelo y Montero (1988) citando a Hewson— una incorporación a la estructura cognitiva sin modificar las concepciones).

Queremos subrayar que el aprendizaje significativo puede producirse de varias formas a partir de las ideas de las y los estudiantes (figura 1):

\* Por medio de estrategias que Hewson llama de *intercambio*, si las ideas alternativas y las nuevas son irreconciliables (como parece ser el caso de las interpretaciones del cambio biológico). Si no se produce el intercambio, la idea alternativa se mantiene, coexistiendo con la nueva (memorización repetitiva).

\* Por medio de estrategias que Hewson llama de *integración*, es decir, diferenciación, extensión o ampliación de las ideas previas. Por ejemplo el concepto de animal —inicialmente asociado a los vertebrados— puede ampliarse, incluyendo otros grupos. Esto supone una reconciliación entre la idea antigua y la nueva, lo que implica que hay relaciones significativas entre ambas, que pueden ser consistentes, que no se contradicen (*captura conceptual*).

Para Hewson (1989) el modelo de aprendizaje como cambio conceptual pretende incluir tanto la captura, como la modificación substancial de las ideas, o intercambio. Sin embargo, durante estos últimos años, el cambio conceptual se ha identificado sólo con el intercambio, situación mas novedosa y problemática que la captura. Lo importante no es la utilización de uno u otro nombre, sino el reconocimiento de que el aprendizaje significativo puede tener lugar de *diversas formas*.

Que las personas aprenden *reconstruyendo* los conocimientos, poniéndolos en relación con los esquemas cognitivos que poseen, está en la actualidad ampliamente aceptado. En un interesante artículo, Millar (1989) plantea que «un modelo constructivista de aprendizaje no implica en buena lógica un modelo constructivista de instrucción», argumentando que muchas personas comprenden conceptos científicos sin haber recibido una instrucción constructivista (como puede ser el caso de las que leen este trabajo). Para Millar, como el proceso de construcción de nuevas ideas es interno, es independiente de la forma de instrucción.

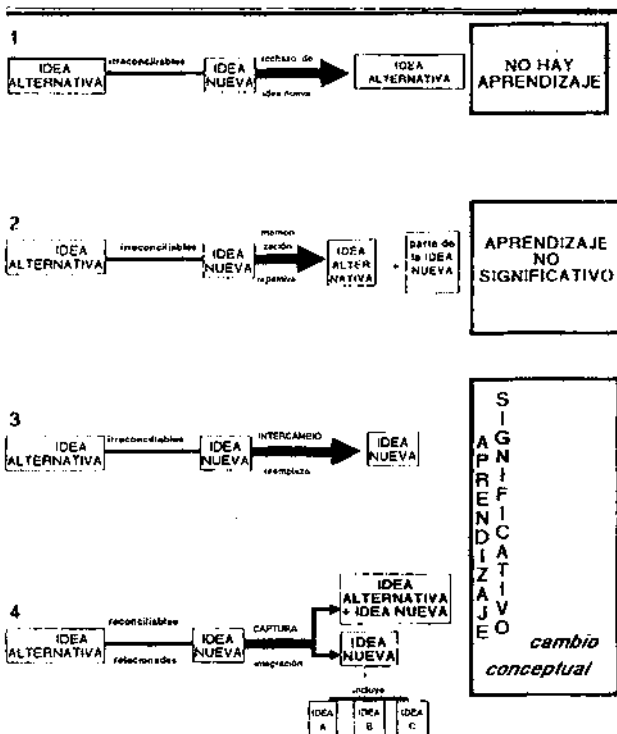
En mi opinión, si bien no podemos hablar de un único modelo eficaz de instrucción, ya que son necesarios distintos enfoques metodológicos para hacer frente a diferentes necesidades y a las variadas situaciones que se presentan en el aula, no es cierto que el proceso de construcción de nuevas ideas sea independiente de la forma de instrucción. Esto, como señala Hewson (1989) puede ser así para las y los estudiantes más dotados (o procedentes de ambientes con más estímulos), pero no para la mayoría que, hasta ahora, se limitaba a memorizar muchos términos y fórmulas científicos sin ser capaz de aplicarlos a la interpretación de la realidad.

En cuanto a las estrategias de enseñanza relacionadas con un modelo de instrucción en la perspectiva constructivista, hay una serie de propuestas que presentan rasgos comunes, siendo pioneras las del LISP (*Learning in Science Project*) desarrollado a partir de 1979, con el nombre de modelo generativo, y que se discuten en Osborne y Freyberg (1990). En una línea semejante están las del CLIS (Driver 1988a), los Programas-Guía (Gil y Martínez 1987), el modelo de sucesivas tomas de conciencia (Pozo 1987) y las Actividades Abiertas o AcAb (Ga Rodeja et al. 1987). Aunque estas propuestas tienen en común el tomar como punto de partida de la instrucción las ideas de las y los estudiantes, difieren en algunos aspectos que comentaremos al tratar de la unidad.

En resumen, el marco en que se sitúa este trabajo es la perspectiva constructivista, particularmente un modelo de aprendizaje como cambio conceptual, en el que se

Figura 1

Modelo de aprendizaje como cambio conceptual.



presta atención a la interacción entre las ideas que tiene la persona que aprende y los nuevos conceptos científicos (adopte esta interacción la forma de confrontación o de integración). Antes de discutir como aplicamos esta perspectiva a la Selección Natural, nos referiremos a las interpretaciones escolares sobre ella y a los resultados logrados por la enseñanza más habitual.

**INTERPRETACIONES DE LA EVOLUCIÓN**

El primer problema que se nos planteaba era conocer si la forma en que las y los estudiantes de Secundaria interpretan el cambio biológico se corresponde con las explicaciones aceptadas por la comunidad científica, o con más precisión con la versión de éstas enseñada en la escuela que Osborne y Freyberg (1990) llaman «Ciencia escolar».

En este espacio resulta imposible detallar los pormenores de un estudio que ha abarcado a casi 800 estudiantes en distintas ciudades, y nos limitaremos a los resultados de la comparación entre distintos niveles educativos: 1º de BUP, COU y 2º curso de Biológicas.

En el anexo 1 incluimos uno de los instrumentos utilizados. Ya que pretendíamos evaluar más el conocimiento procedimental –es decir la capacidad para interpretar nuevas situaciones de acuerdo con el modelo darwinista– que el declarativo, se plantearon situaciones de cambio alejadas de los ejemplos de los textos, y en la redacción se evitaron los términos «evolución», «selección natural» o «adaptación» para no dar lugar a definiciones aprendidas de forma mecánica. (Sugerimos intentar contestarlas antes de seguir, lo que quizá dé un índice de cómo se ha enseñado la evolución).

Para clasificar las respuestas se han establecido categorías nominales. En otro lugar (Jiménez y Fernández 1989) las hemos comentado con detalle, y nos referiremos aquí solamente a las dos que resultan más relevantes para el caso: darwinistas y lamarckistas.

Las respuestas categorizadas como *darwinistas* son las que explican, por ejemplo, la falta de efecto de los insecticidas (primer problema del anexo 1) por la existencia de variabilidad en la población, es decir existencia de unos insectos resistentes y otros no resistentes, y supervivencia diferencial de los resistentes hasta llegar a constituir la mayoría de la población.

Las categorizadas como *lamarckistas* se basan en la idea de cambios individuales en los organismos como respuesta a condiciones del medio, expresada en frases como «se acostumbran»; y en ellas se constata una confusión entre «estar adaptado» como resultado de la supervivencia diferencial, y «adaptarse» como proceso activo en que el individuo adquiere modificaciones ventajosas y transmisibles a la descendencia.

En primer lugar se realizó una prueba con una amplia muestra aleatoria en 1º de BUP, antes de tratar la evolu-

ción en clase, comprobando que la mayoría de las respuestas eran de tipo lamarckista (ver por ejemplo en el gráfico I las respuestas al problema de los insecticidas, con un 68,9 % incluidas en esta categoría).

A continuación, en relación con la modificación de estas ideas por la enseñanza de la Biología planteada actualmente, se procedió a realizar una prueba semejante (o en algún caso la misma) con estudiantes de Biología de COU, y de 2º curso de Ciencias Biológicas. En el gráfico II aparecen los resultados de la comparación entre 1º de BUP, COU y 2º de Biológicas en la cuestión sobre los insecticidas.

Observamos que tanto los estudiantes de COU como los de universidad siguen dando explicaciones alternativas. Las categorías de respuesta son similares en los tres niveles, y las *proporciones* de las ideas alternativas más frecuentes, las lamarckistas, son elevadas en los tres casos, alcanzando o superando los dos tercios.

La proporción de respuestas darwinistas es reducida, y sólo en 2º de Biológicas llega al 31,80 % (lo que tampoco es satisfactorio para quienes están especializándose en la disciplina). La diferencia entre 1º de BUP (4,99 %) y COU (8,78 %) es poco significativa, siendo mayor entre los estudiantes de Biológicas y los de Secundaria.

Se aprecia en el gráfico II que la proporción de respuestas lamarckistas es incluso *más elevada* en COU que en 1º de BUP. Esto se debe a que en COU las respuestas alternativas están más agrupadas, habiendo muy pocas en «otras diferentes de lamarckistas» (finalistas, inten-

Gráfico I  
Porcentajes para "Selección natural piosos" en primero de BUP.

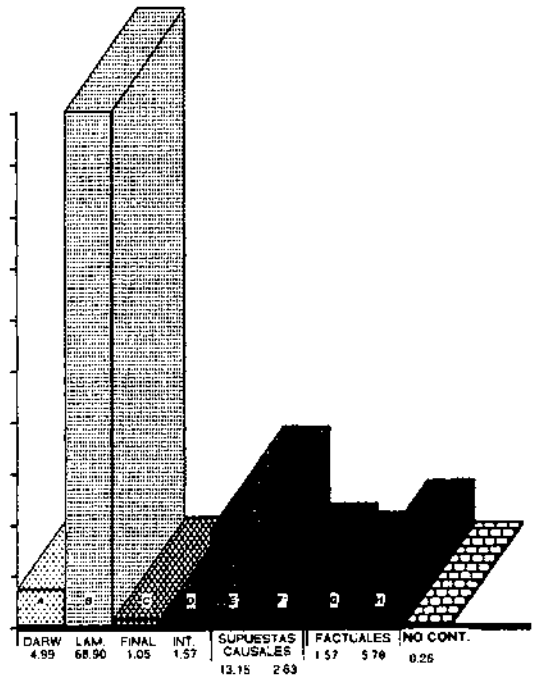
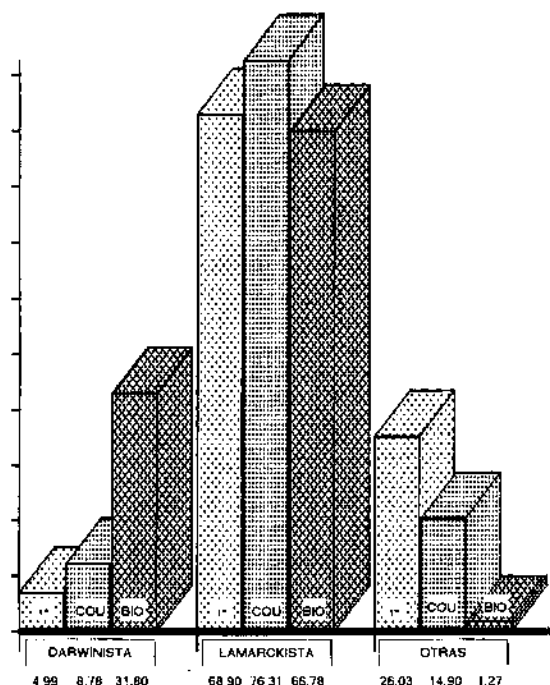


Gráfico II  
Comparación entre 1º de BUP, COU y 2º de Biológicas para "Selección natural pijos"



cionales, factuales, no codificables); esta tendencia se hace más acusada en 2º de Biológicas, con sólo un 1,27 % de respuestas ni darwinistas ni lamarckistas. En nuestra opinión este agrupamiento puede explicarse por los mayores conocimientos de Biología y el consiguiente abandono de explicaciones no biológicas o de meras afirmaciones factuales. En otras palabras, no comprenden mejor los mecanismos de Selección Natural, pero sí parecen distinguir lo que podría ser una explicación válida en el dominio de la Biología.

Dentro de las respuestas darwinistas y lamarckistas se han establecido subcategorías. Así, en las primeras denominamos A1 a las que se argumentan en la naturaleza del material genético, y la aleatoriedad de las mutaciones, y A2 a las que dan respuestas más generales o ambiguas; en las segundas se ha denominado B1a las respuestas que se argumentan en base a «cambios en el material hereditario» en respuesta a condiciones del medio, y B2 a las de tipo más general como «se habitan». Por ejemplo, en la tabla I aparece la distribución

Tabla I

Subcategorías en respuestas lamarckistas.

	1º de BUP	COU	2º de Biológicas
B1	6.84%	18.46%	31.35%
B2	93.16%	81.54%	88.65%

de las respuestas lamarckistas en los tres niveles (los porcentajes se refieren al total de respuestas en esta categoría).

Tanto el número de respuestas A1 como B1 aumenta con el nivel de instrucción, y si en el caso de las darwinistas podemos pensar que el efecto de la instrucción ha sido incrementar la coherencia y estructuración de las interpretaciones, por desgracia sucede lo mismo con las respuestas lamarckistas, como se aprecia en la tabla I. Nuestra interpretación es que la ausencia de conceptos relevantes para conectar los nuevos conocimientos (por ejemplo de genética) lleva al reforzamiento de las ideas alternativas existentes.

En un cierto número de respuestas se observa la coexistencia de la idea darwinista de supervivencia diferencial con la lamarckista de que los organismos «se acostumbra», mostrando que para las y los estudiantes ambas interpretaciones no resultan incompatibles.

En resumen, parece que la instrucción que se imparte en Secundaria ha sido poco efectiva en cambiar las ideas, al menos en lo que concierne al conocimiento *procedimental*, que puede ser transferido a situaciones diferentes de las empleadas en la instrucción. En otras palabras, estas ideas alternativas siguen siendo la forma en que un buen número de estudiantes interpreta el cambio biológico al terminar COU, e incluso en los primeros cursos de la licenciatura en Biología.

Entendemos que el hecho de tomar las muestras de COU y de la universidad sólo entre quienes optan por la disciplina, da más fuerza a nuestra hipótesis y, por otra parte parece contradecir la interpretación de las ideas alternativas (Lawson 1988), como manifestaciones del escaso desarrollo del pensamiento formal. Creemos, por el contrario, que estamos en presencia de dificultades cognitivas ligadas a un campo disciplinar concreto.

### LA UNIDAD «CÓMO CAMBIAN LOS SERES VIVOS»

Los resultados de nuestro estudio mostraban, por una parte, que el aprendizaje de la Selección Natural mantiene ideas alternativas, como hemos comentado, y, por otra, que la enseñanza no suele prestarles atención. Para explorar si el tenerlas en cuenta aumenta la eficacia de la instrucción, diseñamos una unidad didáctica en esta perspectiva, y en la hipótesis de que una estrategia que comparase explícitamente las propias ideas de las y los estudiantes con el modelo darwinista lograría mejores resultados que otra que no lo hiciese, realizamos un estudio de aula con dos grupos de 1º de BUP.

Discutiremos aquí el diseño de la unidad, ya que el análisis de su puesta en práctica y los resultados obtenidos han sido objeto de otro trabajo (Jiménez 1992, en prensa), aunque es obvio que ambos aspectos están íntimamente relacionados. Subrayemos que, a diferencia de otros estudios en que se han comparado los

resultados obtenidos utilizando materiales y estrategias basadas en el constructivismo con los de la enseñanza tradicional --en nuestro caso hemos utilizado los mismos materiales en los dos grupos--, las diferencias en estrategias se refieren a si el modelo darwinista se ha comparado con sus *propias* ideas alternativas («experimental») o con las lamarckistas en general («control»). Las comillas enfatizan que se trata de un estudio de caso, de carácter más bien cualitativo (trabajos por otra parte muy necesarios en educación).

Al diseñar la unidad «Cómo cambian los seres vivos», la cuestión era llevar a la práctica el enfoque constructivista, es decir, ¿cómo se concreta «tener en cuenta las ideas de las y los estudiantes»? y ¿cómo se favorece la sustitución del esquema conceptual antiguo por el nuevo? Antes citábamos propuestas que tratan de responder a estas cuestiones y la forma como lo hemos concretado en la unidad es la siguiente:

### Basarse en los datos de la investigación

En concreto, en los datos de las ideas alternativas obtenidos en la primera parte del estudio, así como en otros países. Por ejemplo, un dato importante es que la mayoría de los estudiantes de 1º de BUP mantiene lo que puede ser descrito como una interpretación lamarckista de cómo cambian los seres vivos.

Un ejemplo de utilización de los datos son las cuestiones sobre los cruces entre distintas especies que se plantean en la unidad, como consecuencia de las ideas detectadas en la primera parte del estudio, de que las nuevas especies aparecen por cruces entre otras preexistentes.

### Proponer estrategias para la exploración y discusión de sus ideas

Planificar actividades en las que se exploren las ideas previas de las y los estudiantes obedece a dos tipos de razones:

En cuanto al docente, para que las conozca (en la propia formulación de las cuestiones ya se emplean los resultados de investigaciones) en ese grupo concreto y pueda tener un registro de las mismas.

En cuanto a las y los estudiantes, hacer que formulen estas ideas *explícitamente*, que las discutan entre ellos y con el profesor o profesora, y que anoten los argumentos en que basan sus opiniones (para poder compararlos más adelante con las ideas nuevas). Esto es importante, ya que muchas interpretaciones se mantienen como *modelos implícitos*, sin percatarse de que constituyen una explicación diferente de la mantenida por la ciencia escolar y que se trata de un paso en la toma de conciencia de los modelos y sus implicaciones.

Un ejemplo de las cuestiones utilizadas para explorar sus ideas es la primera cuestión del anexo I.

### Desarrollar actividades para provocar el conflicto conceptual

El objetivo de estas actividades es poner en cuestión sus interpretaciones lamarckistas, proporcionar «contraejemplos», es decir situaciones que estas interpretaciones no explican.

Una de ellas es la puesta en común en el conjunto de la clase de las distintas respuestas. Como se indica en el «Programa de Actividades», al pedir que se argumenten las afirmaciones, algunas pueden ser criticadas por los propios compañeros. Si no es así, el docente puede plantear situaciones que estas interpretaciones no resuelvan.

Por ejemplo, para el mecanismo de selección natural, puede utilizarse el problema de la descendencia de ratones a los que se corta la cola (3ª cuestión del anexo I), para ser realizado en pequeño grupo. Algunas cuestiones que se plantean en el debate con objeto de evidenciar inconsistencias en las argumentaciones son:

–Si dicen que los hijos nacerán con cola porque los padres la tenían al nacer: En el problema de los piojos decíais que se volverían distintos de los padres por causa del insecticida. ¿Los piojos no nacerán también iguales a sus padres en el momento de nacer? Razonadlo.

–Si dicen que nacerán sin cola: Si una persona pierde un dedo –o un brazo o una pierna–, ¿sus hijos nacerán sin ese dedo? Si una persona morena se tiñe de rubio ¿nacerán rubios? ¿Y si se tiñe durante veinte generaciones?

En resumen, lo que se pretende con estas actividades –mentales– es promover la insatisfacción que Posner et al. (1982) mencionan como una de las condiciones para que abandonen sus concepciones alternativas.

### Introducir los modelos de la ciencia escolar

La insatisfacción con la idea previa es una condición necesaria, pero no suficiente para abandonarla. Para ello deben disponer de otra mejor (Pozo 1987), que explique las situaciones a las que la antigua no daba respuesta, y esta nueva concepción debe ser plausible, es decir razonable y coherente con la concepción del mundo del sujeto; en otras palabras, no vale cualquier teoría nueva.

Al indicar que las nuevas ideas –como el mecanismo de Selección Natural propuesto por Darwin– son introducidas por el profesor o profesora, estamos proponiendo que se haga bien mediante la lectura de un texto, con preguntas adecuadas para favorecer su comprensión, método empleado por ejemplo por Barker y Carr (1989) en una unidad sobre fotosíntesis; que se haga mediante una presentación oral; o combinando ambas formas como se ha hecho en la puesta en práctica de la unidad, empleando los textos del Programa de Actividades.

Las razones más importantes para que la introducción de las nuevas ideas se haga de esta forma son: por un lado,

que no parece probable que las y los adolescentes de 14 años descubran o imaginen un proceso tan complejo como el mecanismo de Selección Natural; y por otro, que entendemos que la combinación de estrategias de enseñanza diferentes es necesaria para hacer frente a los variados problemas que se plantean en el aula. Otros autores (Gil y Martínez 1987) proponen emplear únicamente estrategias de investigación dirigida, que, pensamos, pueden resultar efectivas en otros temas. Para la introducción del modelo de Selección Natural la recepción resulta idónea, siempre que cumpla las condiciones indicadas por Ausubel et al. (1983) de que el nuevo material se presente relacionándolo explícitamente con las ideas de los estudiantes, y que tenga una organización adecuada.

En nuestra opinión el aprendizaje así efectuado puede ser significativo, e incluso activo, ya que las y los estudiantes deben rehacer sus propios significados para esta lectura o presentación (Driver 1988b). Lo importante, desde el punto de vista de las y los estudiantes, es que esta introducción de la teoría nueva responda a un problema que tienen planteado en ese momento: cómo interpretar fenómenos o situaciones que las concepciones alternativas no explican. En palabras de Lawson y Thompson (1988) no sólo tenemos que enseñar las concepciones nuevas, sino «desenseñar» (unlearn) las alternativas. Para que esta *reestructuración* activa del conocimiento tenga lugar, los estudiantes deben implicarse en la aplicación de las nuevas ideas.

### Llevar a cabo actividades de aplicación de las nuevas ideas a distintos contextos y a la resolución de diferentes problemas

Puesto que pretendemos una reconstrucción de los conocimientos por parte de las y los estudiantes, deben manejar los nuevos modelos e ideas, utilizarlos en situaciones variadas y con ejemplos diferentes de los empleados en la instrucción. Se trata de promover un aprendizaje procedimental, en el que los conocimientos puedan ser transferidos a contextos distintos, lo que puede ser favorecido por esta práctica en el reconocimiento de las pautas similares que existen entre fenómenos o situaciones distintas.

Así, por ejemplo, en el Programa de Actividades, ante la descripción de un experimento con las polillas geométricas, se plantean una serie de cuestiones, incluyendo las que interrogan sobre las hipótesis que llevaron al experimento, y se solicita el diseño de experiencias complementarias. Otro ejemplo es el juego de simulación «Las islas del Pájaro Pinto» que figura en el anexo 2. Con esto se trata de trabajar con el modelo darwinista en situaciones distintas, y, en el caso del juego poner en práctica la idea del cambio en poblaciones a lo largo de generaciones frente a la de cambio individual.

Debemos recurrir a estas simulaciones y «experimentos mentales» por la dificultad de plantear situaciones experimentales en estos temas, problema común a muchos mecanismos biológicos (Lucas 1986).

Creemos que actividades de este tipo favorecen la reconstrucción de los conocimientos, la apropiación de ideas nuevas que muestran un poder explicativo superior a las antiguas.

### Proponer una comparación explícita entre las ideas antiguas y nuevas por parte de los propios estudiantes

Puesto que, en nuestra hipótesis, una de las razones por las que les resulta tan difícil a las y los estudiantes cambiar sus ideas es porque no perciben las explicaciones «darwinista» y «lamarckista» como dos modelos incompatibles, las actividades de comparación resultan apropiadas para insistir en las diferencias entre ambas interpretaciones.

Es interesante, a este respecto, tanto hacerles comparar las respuestas que daban al comienzo con las actuales como pedirles que interpreten una situación según el modelo darwinista y según el lamarckista.

En resumen, podemos decir que esta unidad comprende tres bloques de actividades: de exploración, de reestructuración y de aplicación de las nuevas ideas (aunque en la secuencia no todas las actividades de exploración se sitúan al inicio, ni todas las de aplicación al final).

En la perspectiva que contempla el aprendizaje como reconstrucción de conocimientos, los aspectos metodológicos están estrechamente relacionados con los contenidos conceptuales. Consideramos que estos materiales no tendrían la misma eficacia si no se trabajasen con una metodología coherente con su enfoque, aunque limitaciones de espacio nos impiden entrar a discutirlos aquí.

Como hemos indicado al principio, los resultados de la puesta en práctica de la unidad con diferentes estrategias se detallan en otro trabajo (Jiménez 1992, en prensa), y señalaremos tan sólo que las respuestas de un pretest fueron similares en ambos grupos, mientras que en el postest aparecieron diferencias a favor del «experimental», diferencias que se mantienen en un retest realizado un año más tarde.

Queremos subrayar que, incluso en el grupo «experimental», preguntas planteadas en determinados contextos (coloración de camuflaje) recibieron interpretaciones darwinistas en porcentajes muy bajos (del 36 al 13 % en el retest), lo que en nuestra opinión es índice de las dificultades que plantea este modelo a ciertas edades en relación con sus conocimientos de Biología en otros temas. En el último apartado nos referiremos a este aspecto con mayor detalle.

### ¿HAY QUE DAR TODOS LOS TEMAS DESDE ESTE ENFOQUE? ALGUNAS IMPLICACIONES EDUCATIVAS

En mi opinión, a la mayoría de los problemas educativos sería poco acertado pretender atribuirles una causa úni-

ca. Es decir, que aunque parece probable que *una de las causas* por las que persisten ideas alternativas —como las lamarckistas— sea porque ni los textos ni los docentes las tienen en cuenta en la enseñanza, no podemos perder de vista otros aspectos, como pueden ser el desinterés y la falta de motivación de las y los estudiantes, las dificultades para la comprensión de los textos utilizados en la instrucción, la desconexión entre las unidades de un curso que aparecen como conocimientos fragmentarios, etc.

En otras palabras, los materiales y estrategias que aquí se proponen tienen en cuenta las ideas previas tanto en su diseño como en la metodología empleada, y los resultados de su utilización parecen positivos, pero no debemos olvidar que estos resultados han sido obtenidos en un contexto en el que también se prestaba atención a otras cuestiones como motivación, clima del aula, redacción de textos, etc. Son necesarios otros estudios con temas distintos y en situaciones diferentes antes de poder llegar a conclusiones más generales.

Parece interesante discutir dos puntos sobre los que este trabajo puede arrojar alguna luz: por un lado, si se debe incluir la Selección Natural en el currículo de Ciencias a los 14 o 15 años (Secundaria Obligatoria) y por otro, la generalización del enfoque y las estrategias que aquí se proponen a todas o la mayoría de las unidades de Ciencias.

En cuanto a la conveniencia de incluir en el currículo de Ciencias antes de los 16 años la Evolución y la Selección Natural, hay que aclarar que, si consideramos cada tema de forma aislada, se podría trabajar cualquiera de los dos temas en el período de 12-16, siempre que se contara con tiempo suficiente y medios adecuados. Pero la cuestión no está planteada en estos términos, sino en el contexto de unos contenidos determinados, sobre algunos de los cuales existe mayor consenso, y además —para evitar programas demasiado extensos— hay que seleccionar un volumen de contenidos que sea posible trabajar a lo largo de cuatro cursos.

Shayer y Adey (1984) en una propuesta fundamentada sobre todo en el grado de desarrollo cognitivo, se muestran partidarios de dejarlo para después de los 16 años, por considerar que el nivel de demanda excede a la mayoría de los estudiantes de esta edad. Por el contrario Deadman y Kelly (1978), en un estudio sobre las ideas previas, justifican la necesidad de enseñar el modelo darwinista por la importancia científica y social de la Evolución, así como por la cantidad de información incidental que los estudiantes reciben sobre el tema y que favorece las interpretaciones lamarckistas.

Teniendo en cuenta estas argumentaciones y los datos de nuestro propio trabajo, tanto en lo referente a la relación existente entre evolución y herencia en la estructura de los esquemas conceptuales, como a las dificultades de los estudiantes —y prueba de ello son incluso las del grupo experimental—, y a datos similares de otros estudios en España (Albadalejo y Lucas 1988, Sequeiros y Martínez 1990), entendemos que las implicaciones para el currículo serían:

\* La evidencia de que trabajar en clase con estrategias orientadas al cambio conceptual requiere disponer de tiempo. En nuestro caso, con un tema al que habitualmente no se dedican más de 2 o 3 sesiones, se han empleado 2 semanas. Esto sería un argumento en favor de la reducción de los programas, e implica decisiones globales sobre el conjunto del currículo.

\* En este marco, y en línea con la argumentación de Deadman y Kelly, sería conveniente la inclusión de *la evolución como fenómeno*, el cambio biológico, el origen común de las especies, etc., ideas con las que están en contacto por fuentes extraescolares que suelen favorecer interpretaciones finalistas y concepciones de la adaptación como proceso activo.

En cuanto al mecanismo de selección natural, creemos que un aprendizaje significativo del mismo requiere un marco de conocimientos en el que juega un papel importante la Genética —que como han mostrado gran número de trabajos tampoco es adecuada para la etapa 12-16— y sugerimos que el estudio detallado de ambos temas se realice conjuntamente en la Secundaria postobligatoria. Es decir, no tendría por qué figurar en los contenidos mínimos («core») de Secundaria obligatoria, aunque por supuesto sí puede formar parte de los opcionales, posibles en un currículo abierto. En este caso sugerimos que su tratamiento siga los criterios de atención a las ideas de las y los estudiantes aquí trazados.

En cuanto a la cuestión de la generalización de esta orientación y estrategias a todos los temas, ya hemos indicado en el punto 1 que el aprendizaje significativo se produce de muchas formas, una de las cuales es el intercambio, sin olvidar otras. Es decir, que en una perspectiva constructivista del aprendizaje caben tanto estrategias de intercambio (en temas como selección natural, quizá fotosíntesis, etc.) como de captura, y otras que cuenten con las ideas de las y los estudiantes en diversas formas. Además, como señala Hewson (1989), también algunas estrategias de recepción empleadas en la enseñanza tradicional pueden ser aprovechables según las situaciones; y añadiremos que hay muchas ocasiones en que las de descubrimiento pueden ser muy útiles.

Aunque no disponemos de espacio para argumentar esta opinión con detalle, señalemos que las razones para esta variedad serían: la multiplicidad de problemas educativos, a los que es imposible responder con una estrategia única (Joyce y Weil 1985); la necesidad de variar para motivar a las y los estudiantes que encuentran tediosa la reiteración y automatizan sus respuestas (White y Gunstone 1989); e incluso la imposibilidad de disponer de tiempo para tratar todos los temas en esta forma.

En conclusión, estos trabajos constituyen pequeños pasos en nuestra comprensión de cómo se aprende, y son necesarios muchos más con temas y situaciones diferentes para orientarnos en el complejo mundo de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias.

## NOTA

El texto completo de la unidad en castellano o en inglés puede ser solicitado a la autora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBADALEJO, C. y LUCAS, A., 1988. Pupils' meaning for «mutation», *Journal of Biological Education*, 22 (3), pp. 215-219.
- AUSUBEL D., NOVAK, J. y HANESIAN, H., 1983. *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas: México).
- BARKER, M. y CARR, M., 1989. Teaching and learning about Photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy, *International Journal of Science Education*, 11(2), pp. 49-56.
- CAREY, S., 1985. *Conceptual change in childhood*. The M.I.T. (Press: Chicago).
- CLEMENT, J., BROWN, D. y ZIETSMAN, A., 1989. Not all preconceptions are misconceptions: finding «anchoring conceptions» for grounding instruction on students' intuitions, *International Journal of Science Education*, 11(5), pp. 554-565.
- CLEMINSON, A., 1990. Establishing an epistemological base for Science Teaching in the light of contemporary notions of the nature of Science and of how children learn Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), pp. 429-445.
- DEADMAN, J. y KELLY, P., 1978. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics?, *Journal of Biological Education*, 12 (1), pp. 7-15.
- DRIVER, R., 1988a. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-121.
- DRIVER, R., 1988b. El CLIS. Un Proyecto basado en el constructivismo. (Entrevista por M. Jiménez), *Cuadernos de Pedagogía*, 155, pp. 32-35.
- GA RODEJA, E., LORENZO, F., DOMÍNGUEZ, X. M. y DÍAZ, J., 1987. *Proyecto AcAb. Química*. Universidad de Santiago de Compostela.
- GIL, D. y MARTÍNEZ, J., 1987. Los Programas-Guía de Actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las Ciencias, *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 3-12.
- HASWEH, M., 1986. Toward an explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8(3), pp. 229-249.
- HEWSON, P., 1981. A conceptual change approach to learning Science, *European Journal of Science Education*, 3(4), pp. 383-396.
- HEWSON, P., 1989. A aprendizaxe como cambio conceptual (Entrevista por M.P. Jiménez), *Revista Galega de Educación*, 10, pp. 20-24.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A., 1988. *La Ciencia de los alumnos. Su utilización en La Didáctica de la Física y la Química*. (Laia: MEC).

## AGRADECIMIENTOS

A Lamarck, que estructuró por vez primera la idea del cambio biológico en forma coherente, y como desagravio por denominar «lamarckistas» a las ideas alternativas; y a Joaquín Fernández, director del trabajo. También a Manuel Brañas e Inmaculada Pizarro, compañeros del IB Castelaio que discutieron conmigo los materiales y los pusieron en práctica; y a Leandro Sequeiros, que realizó interesantes sugerencias al primer original.

- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P., 1990. *Los esquemas conceptuales sobre la Selección Natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P., 1992. Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with Natural Selection, *International Journal of Science Education* (en prensa).
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. y FERNÁNDEZ, J., 1989. ¿Han sido seleccionados o se han acostumbrado? Ideas de estudiantes de Biología sobre la Selección Natural y consistencia entre ellas, *Infancia y Aprendizaje*, 47, pp. 67-81.
- JOYCE, M. y WEIL, B., 1985. *Modelos de Enseñanza*. (Anaya 2: Madrid).
- LAWSON, A., 1988. The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa?, *Journal of Research of Science Teaching*, 25(3), pp.185-199.
- LAWSON, A. y THOMPSON, L., 1988. Formal reasoning ability and misconceptions concerning Genetics and Natural Selection, *Journal of Research of Science Teaching*, 25(9), pp. 733-746.
- LUCAS, A.M., 1986. Tendencias en la investigación sobre la Enseñanza-Aprendizaje de la Biología, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), pp. 189-198.
- LUCAS, A.M., 1987. Public knowledge of Biology, *Journal of Biological Education*, 21(1), pp. 41-45.
- MILLAR, R., 1989. Constructive criticisms, *International Journal of Science Education*, 11(5), pp. 587-596.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P., (ed) 1990. *El Aprendizaje de las Ciencias: Las implicaciones de la ciencia infantil*. (Narcea: Madrid).
- OSBORNE, R. y WITTRICK, M.C., 1983. Learning Science: a generative process, *Science Education*, 67(4), pp. 489-508.
- POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. y GERTZOG, W., 1982. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66(2), pp. 221-227.
- POZO, J.I., 1987. *Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal*. (Visor).
- SEQUEIROS, L. y MARTÍNEZ, M., 1990. Representaciones mentales de los alumnos de Primaria y Secundaria sobre la Vida en el Pasado, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 3, pp. 43-53.
- SHAYER, M. y ADEY, P., 1984. *La Ciencia de Enseñar Ciencias*. (Narcea: Madrid).
- WHITE, R. y GUNSTONE, R., 1989. Metalearning and conceptual change, *International Journal of Science Education*, 11(5), pp. 577-586.



ANEXO 1

(Del diario "El País")

"Un 15% o un 20% de escolares sufre ataques de piojos entre otoño y Semana Santa. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y los otros insecticidas ya no les hacen efecto a los piojos".

¿Cómo explicas que los insecticidas hace años hicieran efecto a los piojos y ahora no?

Una mutación poco frecuente en la bacteria *Escherichia coli* causa resistencia a la estreptomocina. Si se cultiva *Escherichia coli* en un medio con estreptomocina, se observa un gran aumento en el número de bacterias resistentes.

¿Cambia la estreptomocina la tasa de mutación?

¿Cómo explicas estos hechos?

A principios de siglo un naturalista realizó un experimento consistente en cortar, durante varias generaciones, la cola a unos ratones y ver cómo aparecía la descendencia.

a) ¿Qué crees que sucedería al cabo de 20 generaciones? ¿Nacerían con cola o sin cola? Explicalo.

b) ¿Influiría algo en el resultado el que se entrenase a una lechuzca para que cazase a los ratones por la cola, de forma que los que carecían de cola no fuesen atrapados? Explicalo.

ANEXO 2

LAS ISLAS DEL PAJARO PINTO

Condiciones favorables	Temp. + Hum.	Solo T o sólo H	Ninguna
Número crías	4	2	1

(Clase dividida en grupos de 4 o 5 estudiantes)

MATERIALES (CADA EQUIPO)

- Dos series de 4 tarjetas, cada una con 1 pareja de PAJARO PINTO.
- Una copia de las Reglas del juego.
- Una moneda de duro y una de peseta. Papel y bolígrafos.

REPARTO DE PAPELES

Cada equipo de 5 personas es una "isla". Un secretario/a que toma notas de las generaciones; un encargado/a del censo que realiza las operaciones; dos meteorólogos/as 1 encargado de la temperatura (duro) y 1 de la humedad (peseta); y un o una juez que hará cumplir las reglas.

REGLAS DEL JUEGO

- Cada isla tiene al empezar 8 parejas de PAJAROS PINTOS
  - 2 de zanquillargos "abrigados (con muchas plumas) ZA
  - 2 de zanquillargos desplumados (pocas plumas) ZD
  - 2 de patiocortos "abrigados" PA
  - 2 de patiocortos desplumados PD
- El número máximo de individuos que pueden vivir en una isla es 16. Si hay más que dividen por dos los de cada tipo (simula la escasez de alimento y la acción de los depredadores) antes de la reproducción.
- Al comienzo del juego se tira una sola vez -el duro para decidir la temperatura (cara = frío, cruz = calor) y la peseta para la humedad (cara = seco, cruz = encharcado).
- Cada pareja tiene un número de crías en la siguiente generación según la tabla. Ten en cuenta que hacen falta dos individuos para la reproducción (las aves tienen reproducción sexual). Si queda sólo una no tendrá crías. Supondremos que los padres mueren después del nacimiento de las crías.

DESARROLLO DEL JUEGO

Distribuid los papeles, tirad las monedas y discutid a qué tipo favorecen las dos condiciones ambientales, y a qué tipo (o tipos) una.

Mientras jugáis, id anotando las generaciones. ¿Qué sucede al cabo de 3 o 4? Si en dos islas se dan las mismas condiciones ¿Se llega al mismo resultado?

Comparad los resultados de las distintas islas. ¿Puede decirse que los pájaros han cambiando? Explicad por qué.

\* ¿En qué aspectos el modelo hace una simplificación de la situación real?