

DEL MODELO CIENTÍFICO DE «ADAPTACIÓN BIOLÓGICA» AL MODELO DE «ADAPTACIÓN BIOLÓGICA» EN LOS LIBROS DE TEXTO DE ENSEÑANZA SECUNDARIA OBLIGATORIA

GÁNDARA GÓMEZ, MILAGROS DE LA, GIL QUÍLEZ, MARÍA JOSÉ, SANMARTÍ PUIG, NEUS¹

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza
mgandara@posta.unizar.es - quilez@posta.unizar.es

¹Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals
Universitat Autònoma de Barcelona
n.sanmarti@cc.uab.es

Resumen. En este artículo llamamos la atención sobre las dificultades que plantea la transposición del concepto de *adaptación biológica* a los libros de secundaria obligatoria, a partir de la literatura especializada. Esta dificultad puede ayudarnos a comprender que faltan criterios claros (consenso) para establecer qué queremos que un estudiante nos responda cuando le preguntamos por «adaptación».

Palabras clave. Adaptación didáctica, ideas espontáneas, libro de texto, ciencia escolar.

Summary. In this article we catch the eye on the difficulties bound to the transposition process of the adaptation concept from the scientific literature to Secondary Education books. These difficulties can explain why students lack clear approaches (consensus) when teachers ask them for «adaptation» in biology.

Keywords. Didactic adaptation, spontaneous ideas, textbook, school science.

INTRODUCCIÓN

Bajo el término *ideas espontáneas* suelen entenderse aquellas concepciones de los alumnos que se alejan de lo aceptado en la comunidad científica. Se dice de ellas que reflejan un pensamiento propio de la experiencia previa a la enseñanza, que surgen por interacción con la vida cotidiana y que son resistentes al cambio (Grau, 1993). Pero también pueden generarse o ser reforzadas en el contexto escolar a consecuencia del propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

El proceso de enseñanza-aprendizaje se apoya fundamentalmente en el libro de texto. Se admite que el libro de texto representa un saber que ha sido transformado, a partir de un referente científico, para formar parte del *medio escolar*. La teoría de la transposición didáctica (Chevallard, 1992) sostiene que, para que los saberes que producen los científicos puedan vivir en el aula, tienen que ser transformados, resultando éstos cualitativamente diferentes. En realidad se trata de una idea defendida por numerosos investigadores en enseñanza

de las ciencias (De la Gándara y Gil, 1995; Duschl, 1998; Izquierdo et al., 1996; Johsua y Dupin, 1993; Ogborn et al., 1998; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Si la ciencia escolar es una transposición didáctica de la ciencia que producen los científicos, conocer las características que separan los saberes biológicos que se llevan al aula de los saberes que producen los científicos, tendría que servir para detectar posibles dificultades en su enseñanza. Así mismo permitiría relacionar las ideas espontáneas de los alumnos con los modelos de los saberes que se transponen.

En este trabajo se analiza la transposición del concepto de *adaptación biológica* para ver en qué medida se corresponde o no con las denominadas ideas espontáneas de los alumnos de enseñanza secundaria obligatoria (ESO). Utilizamos como referente científico textos de la literatura especializada y como referente escolar libros de texto de ESO (anexos).

ANTECEDENTES

Se han publicado muchos trabajos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la biología que centran su interés en las ideas *espontáneas* que poseen los estudiantes de diferentes niveles educativos y en diferentes países, acerca de la «adaptación biológica». Las ideas espontáneas se refieren sobre todo al uso de explicaciones con connotaciones *finalistas e intencionales*, las cuales se detectan a menudo porque sugieren que los estudiantes identifican propósitos con causas. Se podría decir que dan a entender que los cambios biológicos se producen *para* alcanzar un *fin*, un objetivo. Esta idea se muestra tan resistente a la instrucción que permanece incluso en aquellos estudiantes que han estudiado biología evolutiva desde edades muy tempranas (Bartov, 1978, 1981). Según Halldén (1988), las dificultades se detectan tanto en el nivel cognitivo como en el metacognitivo. Como problema cognitivo, se puede destacar la necesidad de diferenciar la biología de los *individuos* de la biología de la *especie*, mientras que la principal dificultad metacognitiva estaría en el propio concepto de *explicación*. Un trabajo más reciente sobre el concepto de *selección natural*, en la que está implicada la adaptación, da cuenta de que los estudiantes de secundaria interpretan el fenómeno en cuestión aplicando analogías entre hechos de naturaleza diferente como si fueran equivalentes (Ferrari y Chi, 1998). La idea común que puede extraerse de estos trabajos se refleja en la revisión que hace Grau (1993) cuando dice que las «ideas espontáneas» que poseen los estudiantes, entre ellas la de adaptación, son «contrarias a los conceptos y explicaciones científicos que se aceptan en la actualidad».

Cuando se indaga en los orígenes de las ideas espontáneas, entre las razones más señaladas están la influencia de la experiencia cotidiana y el tratamiento de los diferentes temas por parte de los libros de texto (Pozo y Gómez Crespo, 1988). Desde nuestro punto de vista, los libros de texto que utilizan los estudiantes de ESO no son sino la expresión de un intento de acercar la cultura científica de un momento histórico concreto al contexto del aula. Esa cultura científica nos llega por diferentes medios, siendo uno de ellos la *literatura especializada* que habitualmente se utiliza en la universidad.

Por otro lado, la transposición didáctica no nace en el vacío, por lo que, antes de emprender el análisis de lo que sucede en el aula de secundaria respecto a lo que puede ser o no conforme con la ciencia, estimamos conveniente tener en cuenta algunas afirmaciones que proceden de la epistemología y que se refieren a las explicaciones de los científicos sobre los procesos biológicos (De la Gándara, 1999). A modo de ejemplo, presentamos aquí algunas de estas afirmaciones que aluden de manera directa a la noción de *adaptación*, que defienden la identificación entre causas y efectos argumentando en términos finalistas y, por último, que nos advierten del carácter especulativo de ciertas explicaciones de la adaptación:

1) *Reciprocidad causal*. A propósito de la explicación causal, Halbwichs (1971) sostiene que el mundo físico se puede disociar en niveles que se pueden estudiar

independientemente unos de otros, matizando que «este rasgo no se encuentra en las ciencias biológicas». Los sistemas biológicos aparecen como entidades que son el resultado de numerosas interacciones entre procesos internos y entre éstos y los cambios que operan desde el exterior.

Se adivina que explicar la adaptación obliga a entrar en este laberinto de causalidades. Como señalan Johsua y Dupin (1993), la distinción entre *causas* y *efectos* no es sencilla.

2) *Explicaciones teleológicas*. Se ha defendido la *explicación teleológica* desde la epistemología como algo peculiar de la biología, afirmando que «para los biólogos, propósito es igual a función» (López Manjón, 1996). De hecho, es fácil encontrar justificaciones en pro del uso de la teleología dentro de la comunidad científica actual de biólogos. Por ejemplo, Ayala (Dobzansky et al., 1980) explicita que las adaptaciones de los organismos son teleológicas en el sentido de *indeterminadas*, interviniendo en su producción procesos aleatorios, y afirma:

«Sería erróneo decir que las alas [de las aves] no son características teleológicas [...] Si las alas no tuviesen una función adaptativa, nunca hubiesen surgido o bien irían desapareciendo gradualmente en el transcurso de las generaciones» (p. 498).

3) *Sobre la especulación*. El análisis de las explicaciones basadas en la noción de *adaptación* ha ocupado gran parte del trabajo de muchos científicos (Mayr, 1983), aunque no faltan críticas como las que hacen Gould y Lewontin (1979) cuando dicen:

«Deseamos cuestionar un hábito de pensamiento profundamente arraigado entre los estudiantes de evolución. Lo llamamos el *programa adaptacionista* o el *paradigma panglosiano* [...] Este programa ve a la selección natural tan poderosa y a las posibles limitaciones, tan escasas que la producción directa de la adaptación mediante su operación se constituye en la causa primaria de casi toda forma, función y comportamiento orgánicos.» (pp. 584-585).

O como cuando Gould (1984) cuestiona el estatus adaptativo que a menudo se adjudica a algunos fenotipos:

«La especulación acerca de la significación adaptativa es una actividad muy popular entre los biólogos evolucionistas.» (p. 160).

Por tanto, vemos que la reciprocidad causal, la teleología y la especulación están presentes en las producciones científicas sobre el cambio biológico y, concretamente, en el fenómeno de la adaptación. Esta situación nos permite considerar, *a priori*, que la transposición didáctica del concepto de *adaptación* es un reto para los agentes educativos que la han de abordar y, por tanto, un problema propio de la didáctica de la biología.

De ahí nuestro interés por identificar qué modelo de adaptación se transpone a los libros de texto que utilizan

los estudiantes de enseñanza secundaria obligatoria en nuestro país en relación con el modelo de adaptación biológica que se transmite a través de la literatura biológica especializada. Usamos la expresión *modelo de adaptación* para referirnos a una estructura conceptual caracterizada por un conjunto de conceptos que se relacionan de manera específica entre sí y con el término *adaptación*, y que se utiliza para hablar de ciertos fenómenos biológicos.

METODOLOGÍA

Nuestra opción metodológica se corresponde con un enfoque interpretativo, basado en el esquema propuesto por Miles y Huberman (1994), que se realizó en dos fases:

A la primera fase la denominamos *estudio previo* porque, en el ámbito conceptual, pretende obtener una interpretación válida de «qué dicen los científicos que significa *adaptación*». A través del análisis de la *literatura especializada* identificamos cuál es el modelo «científicamente aceptado» que transmiten los científicos, y posteriormente se somete a validación por *triangulación* entre expertos (dos doctores biólogos y otro paleontólogo) de diferentes universidades españolas. El *estudio previo* nos permite también establecer criterios metodológicos para poder emprender el análisis transpositivo del modelo de adaptación biológica que tiene lugar en la segunda fase. Esta segunda fase comprende el *estudio de la transposición* propiamente dicha del modelo de adaptación a los libros de texto de ESO.

Se obtienen así dos estudios paralelos, cada uno de los cuales se desarrolla en cuatro etapas que, aunque las describimos secuencialmente, presentan cierta iteración entre ellas, retroalimentándose cada etapa de las demás: a) selección de textos y registro de datos en forma de *transcripción de citas*; b) categorización de los datos contenidos en las citas, formando una *red sistémica*; c) análisis de las redes sistémicas; d) conclusiones o *resultados* (De la Gándara, Gil y Sanmartí, 2000). A continuación indicamos algunos de los matices que diferencian el tratamiento seguido, según se trate del estudio previo o de su aplicación al estudio de los libros de texto de ESO.

Cuando aludimos al *modelo de adaptación en la literatura especializada* nos estamos refiriendo la estructura conceptual que se infiere a partir del lenguaje explicitado por los científicos y considerando la *globalidad* de la muestra. El modelo científico lo inferimos del análisis del contenido de trece obras de diferentes autores, utilizados como material de consulta habitual en nuestras universidades (Anexo I). Las citas utilizadas en estos materiales contienen toda la información remitida por índice de términos (en el caso de los libros), pudiendo constar de unos párrafos o un capítulo completo. Cuando se trata de artículos de revistas, *adaptación* aparece en el título, es el tema principal y se contempla todo el contenido del artículo.

En cambio, en el tratamiento de los libros de ESO, el modelo de adaptación inferido es la estructura conceptual que se infiere a partir del discurso *compartido* por las tres editoriales analizadas, lo que no impide que el análisis tome en consideración cuestiones no compartidas. Puesto que la etapa de secundaria obligatoria consta de cuatro cursos, la muestra está formada por doce libros. Para esta segunda fase, seleccionamos las tres editoriales de mayor distribución en España en el momento de su realización (Anexo II). En ningún caso nos interesa hacer un estudio comparativo entre ellas y, con el fin de evitar otros usos, nos remitimos a éstas con los códigos A, B y C. Como esta segunda parte del estudio se realizó sobre el referente científico obtenido en la primera, aunque no disponíamos de índice alfabético de términos, era evidente que los hechos que se describen y explican aluden a lo que los científicos describen cuando hablan de adaptación desde diferentes perspectivas y diferentes niveles de observación. Por tal razón, sus *citas* son una *transcripción* del contenido global de biología de cada uno de los doce libros.

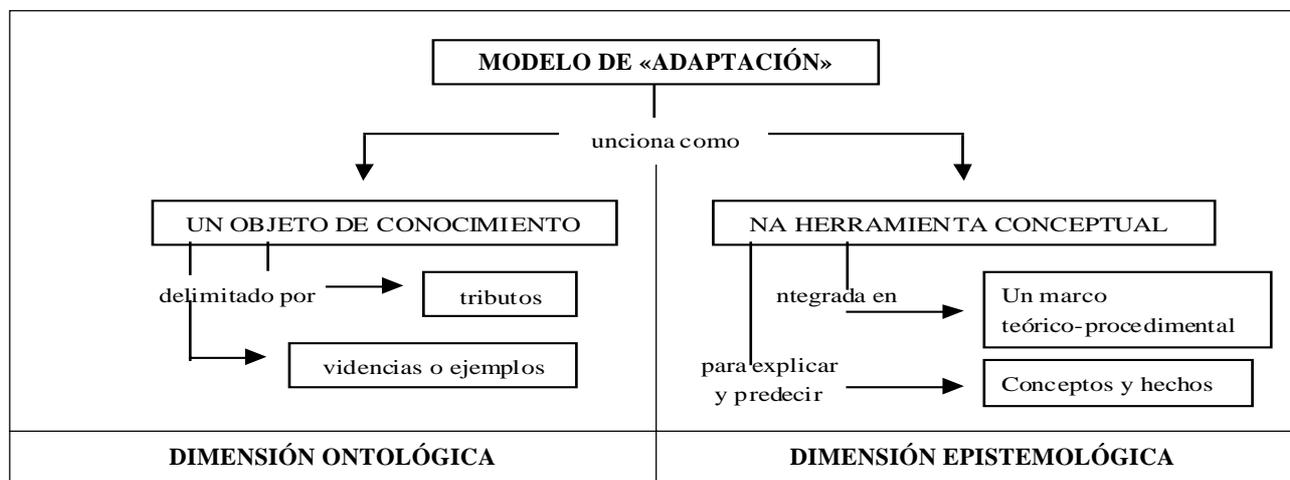
ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS QUE DIFICULTAN LA CONFIGURACIÓN DEL MODELO DE ADAPTACIÓN EN LA LITERATURA ESPECIALIZADA Y EN LOS LIBROS DE ESO

Es raro que en algún lugar de los textos analizados se defina *adaptación* y, cuando ocurre, el contenido de las formulaciones queda superado por el uso que se hace del término en diferentes contextos. Tanto en la literatura especializada como en los libros de secundaria encontramos ambigüedades, omisiones y contradicciones que actúan como *distractores*, en el sentido de que dificultan la configuración del modelo desde el que se define *adaptación*. Dichas dificultades emergen cuando analizamos las redes sistémicas en su *dimensión ontológica*, cuando la adaptación funciona como un *objeto de conocimiento* de naturaleza empírica. Pero también encontramos dificultades en la *dimensión epistemológica* cuando la adaptación funciona como una *herramienta conceptual* para explicar y predecir otros conceptos y hechos (Fig. 1).

En la *dimensión ontológica*, identificamos qué *propiedades* hacen explícitas los autores como atributos para los *objetos* que denominan *las adaptaciones* o *la adaptación*, así como qué *evidencias* nos presentan en sus *ejemplos*. Por ellas vemos que se refieren a *rasgos* y a *procesos*. Unas veces nos muestran procesos *fisiológicos* y otras, *evolutivos*.

En la *dimensión epistemológica* identificamos cuál es el *marco teórico-procedimental* desde el que nos hablan de adaptación y qué *predicciones* y *explicaciones* realizan acerca de los fenómenos para los que se nombra a la adaptación. El referente explícito es el modelo evolutivo del cambio gradual y continuo basado en la intervención de la selección natural y, aunque no se describe con la misma minuciosidad, algunos sugieren un modelo alter-

Figura 1
Dimensiones del modelo de adaptación en la literatura especializada y en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria.



nativo complementario, saltacionista, basado en los equilibrios interrumpidos.

A partir de la literatura especializada comprobamos que el concepto de *adaptación* forma parte de dos submodelos: el *fisiológico* y el *evolutivo*, cuya integración en uno sólo es algo que hay que entresacar del discurso. Para ello es necesario recurrir a la globalidad de los autores que componen la muestra de la literatura especializada. En los textos de secundaria se transponen ambos modelos, pero sólo se utiliza el término *adaptación* cuando se transpone el modelo evolutivo en el contexto de la ecología y en el de la teoría de la evolución. Los mayores problemas los encontramos en el nivel explicativo al analizar las relaciones que se establecen entre premisas y conclusiones, entre los datos de observación y el marco teórico de referencia aplicado. Comenzaremos por diferenciar cuáles son las dificultades relacionadas con la identificación del modelo fisiológico, para seguir con las relativas al modelo evolutivo, distinguiendo previamente entre *herramientas descriptivas* y *herramientas explicativas*.

Consideraremos como *herramientas descriptivas* aquellos conceptos que, sin ser específicos de un marco teórico particular, ayudan a forjarse una idea aproximada del modelo. Las herramientas descriptivas aludidas son: la *magnitud* del cambio experimentado, la posibilidad o no de *reversibilidad* del cambio y la posibilidad de *recurrencia* del cambio. En contraposición, las *herramientas explicativas* sí que son particulares de los modelos teóricos para comprender los cambios biológicos, pues se refieren a cómo participan: la *información genética*, la *herencia* biológica y la *reproducción*, el *desarrollo ontogénico*, la *selección natural* y el tipo de *entidad* o sistema biológico que presenta o está sometido a la adaptación. Estos conceptos presentan connotaciones

específicas que ayudan a comprender el porqué de la adaptación, situándonos en un modelo fisiológico o en un modelo evolutivo.

Omisión de las relaciones causales en el modelo fisiológico

Todas las *herramientas descriptivas* que componen el modelo fisiológico inferido en el estudio previo, las encontramos de forma explícita en los textos de fisiología. Nos referimos a un modelo de adaptación que supone la existencia de procesos de cambio biológico de *pequeña magnitud*, por los que se puede recuperar el estado inicial (son *reversibles*) y que suelen ocurrir de manera *recurrente*. En este modelo, el proceso de adaptación se realiza con *conservación* de la entidad biológica.

Cuando los libros de secundaria transponen el contenido de fisiología omiten *adaptación*, y a los fenómenos de este tipo los denominan *funciones vitales*. El problema carecería de importancia si no concurrieran dos circunstancias. La primera es que todas las editoriales hablan de *adaptación* sólo para referirse a procesos nerviosos, pero mientras que unos identifican *adaptación* con «desensibilización» de receptores por estímulos sostenidos, otros autores consideran que «toda respuesta neuronal» es una adaptación. Por tanto, no comparten el significado del término, ni siquiera cuando lo aplican a las actividades vitales que representan los fenómenos nerviosos. La segunda es que uno de los atributos que los científicos aplican unánimemente a las adaptaciones es precisamente el *permitir la supervivencia*. Por tanto, hay que suponer que las «funciones vitales» de los libros de secundaria son la transposición de las «adaptaciones fisiológicas» de los científicos.

En cuanto a las *herramientas explicativas* del concepto de *adaptación*, en el modelo fisiológico se suelen omitir. Pero desde la biología cabe suponer que, en los cambios fisiológicos, la información genética permanece *estable*, que se trata de un *rasgo* heredado a través de la reproducción y expresado a través del *desarrollo normal* de los *individuos de una especie* y puesto a prueba por la *selección natural día a día*. Para tener en cuenta estas herramientas, es preciso disponer de un marco teórico-procedimental particular de la biología. Podrían sobreentenderse en la literatura científica, dado que se trata de textos especializados, en los que el interés se centra en la descripción detallada de un rasgo particular o en el servicio que presta a su poseedor, más que en sus orígenes.

El hecho es que los rasgos fisiológicos pueden ser descritos como rasgos fenotípicos y, *con los mismos términos*, como procesos de cambio biológico. Pueden ser contemplados en una perspectiva actual y local, o bien desde una perspectiva histórica. Por eso, unas veces se *explican* recurriendo a un nivel de observación inferior, como el molecular, o bien invocando a la evolución o a la selección natural que favoreció o favorece a esa «adaptación». Esto último es lo menos frecuente.

Pero no es posible este supuesto en los libros de ESO, ya que todos esos mecanismos implicados se describen mucho después, a menudo en un curso posterior. Ni en el tema de la herencia ni en el de genética (el desarrollo se trata muy superficialmente), apenas se nombra la adap-

tación, ni se insinúa que los procesos fisiológicos sean rasgos del mismo nivel que el resto del fenotipo. En cambio, las herramientas explicativas de estos procesos muestran el mismo tratamiento que el indicado para los textos universitarios.

La omisión de la naturaleza adaptativa de los procesos fisiológicos en el contexto de la ESO nos impide precisar más en el análisis. Por contraste, nos detendremos más en el análisis del modelo evolutivo, el cual se manifiesta de forma más explícita.

Imprecisión de las relaciones causales en la transmisión del modelo evolutivo de adaptación

Tal como se abordan los procesos evolutivos en los libros de ESO, resulta difícil establecer las relaciones causales entre dichos procesos y el de adaptación al que aluden. Las dificultades podemos agruparlas en respuesta a cuatro tipos de cuestiones: el papel que juega la información genética, el papel de la selección natural, la identificación de la entidad y el estatus del cambio biológico en relación con la adaptación.

- ¿Cómo participan el material genético y la herencia en el proceso de adaptación?

En el tema de genética, ningún libro de ESO nombra la adaptación. El término *adaptación* en calidad de proceso sólo se utiliza cuando el objeto de estudio es la evolución. En la tabla I resumimos cómo interviene el factor

Tabla I
Relaciones causales establecidas entre la variabilidad genética y otros fenómenos evolutivos en los libros de ESO.

La variabilidad genética	Fenómeno con el que se relaciona	Editorial
Es la consecuencia de	El <i>cambio genético</i> , por recombinación o por mutación	Todas
Es la causa de	<i>La selección natural</i>	A
	<i>La selección natural</i> , sin explicitar «adaptación»	B
Es la causa de	Existencia de <i>individuos con caracteres favorables</i> e individuos con caracteres desfavorables	
¿Designa?	¿ <i>Variabilidad adaptativa</i> ?	B
Es la causa de	La existencia de <i>individuos con caracteres beneficiosos</i> e individuos con caracteres perjudiciales («resistencia de insectos a insecticidas»), <i>sin explicitar adaptación</i>	C
Es la consecuencia de	La existencia de <i>adaptaciones</i> para la reproducción sexual	A
Es la causa de	<i>La adaptación</i>	A, C
Es la causa de	<i>La adaptación</i> , por ejemplo, la resistencia de los insectos a los insecticidas	A
Es la causa de	<i>La evolución</i> , sin explicitar adaptación	C

genético en la adaptación en los libros de secundaria. Con ella queremos mostrar: *a*) que la adaptación se describe unas veces como un *hecho causal de la evolución* y otras, como una *consecuencia de la evolución*; *b*) que un mismo fenómeno (p.e., la resistencia de insectos a insecticidas) se describe *usando la herramienta conceptual de la adaptación* y otras veces, *prescindiendo de la adaptación*, incluso por un mismo autor; *c*) que en algunos casos no podemos tener la certeza de que nuestra interpretación sea la correcta, marcándolo entre interrogantes; *d*) que una misma editorial hace diferentes usos de la relación en cuestión.

Podemos ver que se presenta la variabilidad como un *factor de la adaptación* y la adaptación, como un *factor de la variabilidad*; a veces dicho por un mismo autor. También encontramos que variabilidad genética y adaptación no siempre van asociadas, al menos de forma explícita. En consecuencia, parece razonable que, en el contexto escolar, un estudiante se plantee explicar la variabilidad genotípica y fenotípica sin nombrar la adaptación. Recíprocamente, podría intentar explicar o describir la adaptación sin tener que considerar el cambio genético.

Si a esto añadimos que ni en la literatura especializada ni en los libros de ESO encontramos criterios claros para establecer qué hay de *heredado* y qué hay de *adquirido* en cada fenotipo, no queda suficientemente justificado el rechazo al lamarckismo a pesar de la clara insistencia por parte de los libros de secundaria en afirmar lo contrario. Cuando se intenta matizar en contra de *la herencia de los caracteres adquiridos*, se olvida que los rasgos (anatómicos, fisiológicos y etológicos) no son sino *adquisiciones* que se van produciendo en el curso del desarrollo ontogénico (por tanto, «a lo largo de la vida de un individuo») por *influencia del ambiente* en el que se produce cada fase del desarrollo. La selección natural opera día a día y minuto a minuto, y no sólo lo hace sobre los adultos, sino sobre todas las formas de desarrollo.

• *¿Cuál es la relación entre adaptación y selección natural?*

El único modelo de evolución que se explica con algo de detalle en los libros de secundaria es el darwinista, a través de la selección natural. Todas las editoriales describen cómo una población que parte de una situación caracterizada por una composición fenotípica determinada evoluciona a otra situación al cabo de varias generaciones (la mayor parte de las veces emplean la expresión «al cabo de mucho tiempo») con *otra composición fenotípica*, sin que la especie sea otra.

Pero también podemos ver que este *hecho científico* se presenta independientemente de la mención explícita a la adaptación. Un mismo fenómeno, por ejemplo, la resistencia a una presión ambiental, aparece como un ejemplo de «adaptación», como un ejemplo de «selección natural» y como un ejemplo de «mutación beneficiosa». Incluso podemos apreciar que una misma editorial lo denomina bajo diferentes formas. Unas veces son

conejos o ratones que escapan de un depredador por el color que tienen (por la noche, el oscuro es mejor que el claro); otras, se trata de antílopes que escapan de un depredador porque corren más deprisa y otras, aunque no se nombre la evolución ni la adaptación, nos hablan de bacterias que escapan de la acción letal de un antibiótico porque tienen un gen particular (una mutación) del que otras carecen.

Entendemos que la principal *contradicción* con el modelo científico reside precisamente en el papel que cumple la *selección natural en relación con la adaptación*. Para los científicos, *la selección interviene para explicar la adaptación*, aunque lo explicitan muy pocos autores, de los que reproducimos las siguientes citas:

«El resultado de la selección natural. La selección natural se manifiesta en la adaptación, término que toma varios significados en biología. [...] puede significar el proceso evolutivo, producido durante muchas generaciones, que da como resultado organismos mejor dotados para su ambiente.» (Curtis y Barnes, 1997, p. 344)

«Según la teoría de la evolución explicada en este libro, la selección natural es el proceso responsable de las adaptaciones de los organismos [...], puede explicar [...] sus notables adaptaciones al ambiente [...] Para explicar una adaptación particular, un argumento seleccionista para resultar válido ha de mostrar: *a*) que está implicada la selección natural y; *b*) que la selección natural favorece la adaptación en cuestión.» (Dobzhansky et al., 1980, pp. 502-503)

«Demostrar que esta adaptación podría ser causada por ningún agente distinto de la selección natural [...] La adaptación se refiere a algo producido por la selección natural en el pasado. Se puede deducir la probabilidad de causación [de un rasgo] por selección, mostrando que la posesión del rasgo respectivo podría ser favorecido por selección.» (Mayr, 1983, pp. 324 y 326)

Y esto es lo que se propone Margalef en el texto seleccionado: demostrar que *la homeotermia* es algo que surgió en el pasado y que ha sido preservado, debido a su eficacia, por la selección natural:

«Una temperatura constante optimiza simultáneamente un gran número de reacciones enzimáticas y todo lo que ayude a conseguirla es recogido por la selección natural. La evolución hizo de la necesidad virtud, consiguiendo la homeotermia en una situación de sobrecalentamiento, abriendo así la puerta a una manera de facilitar la supervivencia a entornos fríos o de temperatura fluctuante [...]» (Margalef, 1991, p. 126)

En cambio, en los libros de ESO, el verdadero objeto de estudio es la selección natural, de manera que *recurren a la adaptación para explicar la selección*. De esta forma, mientras que, para los científicos, la actuación de la selección natural es *la prueba de que un rasgo es una adaptación* (una conquista evolutiva), para los libros de secundaria, *la adaptación es una evidencia* y, como tal, no requiere demostración.

Interpretada así, se comprende que en todas las editoriales se estudien los diferentes «biomas» sin precisar cuáles son las adaptaciones que presentan la mayor parte de las especies citadas en relación con las condiciones ambientales que citan. Se comprende que formulen preguntas a los estudiantes acerca de la presencia de adaptaciones sin que encontremos apoyo suficiente en el texto para dar respuesta a ellas:

«¿Qué función pueden desempeñar [los dientes de un pez]? ¿Están bien adaptados a esa función?» (Primer curso de A)

«¿Cuáles son las características más llamativas del dromedario? ¿Y las de la jirafa? ¿Qué características son claras adaptaciones a su medio?» (Primer curso de C)

«Cita algunos ejemplos de cómo adaptan los animales su movimiento y su respiración al medio acuático.» (Tercer curso de B)

«Sabido que las jirafas se alimentan de las hojas de los árboles, razona cómo explicaría el desarrollo evolutivo del cuello de las jirafas un lamarckista y un darwinista.» (Cuarto curso de A)

Incluso una de las editoriales, cuando aborda el tema de la evolución, restringe prácticamente el uso del término *adaptación* a la formulación de preguntas para explicar la producción de los linajes:

«¿Qué adaptaciones al medio han adquirido los caballos a lo largo de su evolución? Explica el proceso por el que la selección natural ha influido en la evolución de los caballos y en la adquisición de sus características: ¿Qué ventaja adaptativa proporciona el cuello largo a los caballos? ¿Cómo influyó el crecimiento del cuello en su alimentación?» (Cuarto curso de C)

«[Se representan los esqueletos completos, correspondientes a un «pato», un «loro» y un «lagarto». Se pide:] Explica qué importancia tienen órganos como el pico y las alas para la adaptación de las aves al medio. Muchos de los huesos de las aves son huecos. ¿Qué ventaja adaptativa supone este hecho? ¿Qué tipo de órganos son los picos de aves diferentes: homólogos o análogos? ¿Por qué? ¿Se trata de un ejemplo de evolución convergente o divergente?» (Cuarto curso de C)

Pudiera ser que el interés esté en que el estudiante busque argumentos o razones y que lo de menos sea la validez científica de sus conclusiones. Es posible que lo que se busque sea más la coherencia lógica que explicar los hechos. A menudo no basta con conocer el organismo y el sitio en que vive, puesto que pueden referirse a cosas que sólo tienen un significado posible dentro de un marco teórico. Esto es más probable en el caso de las «analogías» y de las «homologías» como «evidencias de la existencia de cambios biológicos evolutivos ocurridos por adaptación».

Puede que no se explicita adaptación, pero sí se pregunta por: *ventajas, beneficios, capacidad de supervivencia,*

defensas, términos todos ellos usados por los científicos para designar una adaptación. Es muy poco probable que se pueda responder espontáneamente a estos tipos de preguntas en la forma deseada («la científicamente aceptada») si previamente no ha mediado una explicación. Entre otras cosas, porque las respuestas pueden ser muy variadas, incluso entre los científicos. La respuesta esperada podría ser que, después de sopesar los argumentos, el estudiante diga «no lo sé», tal y como hacen algunos científicos.

El hecho de que en los libros de secundaria no se explicita la diferencia entre una adaptación y la adaptación invita a construir una identidad entre *rasgo* y *proceso*. De esta forma se genera una *argumentación circular* (la adaptación produce adaptación, o se adaptan porque están adaptados). Se desprende una relación de identidad entre la adaptación, la selección natural y la evolución. Esta situación no es ajena a lo encontrado en la literatura especializada, puesto que unos autores hablan de «adaptación» sin nombrar la evolución; otros sólo la nombran aunque se dediquen a describir un proceso fisiológico y otros hablan de un proceso de «adaptación-evolución».

• ¿Cuál es la entidad o sistema biológico que experimenta la adaptación?

Para poder integrar el modelo fisiológico en el evolutivo, un requisito previo es la distinción entre qué cosas de las que les ocurren a los *individuos* pueden ayudarnos a comprender el comportamiento de las *poblaciones*.

Cuando los científicos describen procesos fisiológicos, casi todo el discurso se centra en la interacción con algún elemento geoclimático pero no con otros organismos, salvo para hablar de la fisiología de la reproducción. Lo más común es que nombren a los *individuos* con la denominación de un taxón. Por ejemplo, hablan del *pez* para referirse a los *peces*, o directamente de *urtica dioica* para referirse a una especie de *ortiga*. Depende luego de qué delimitación hacen del ambiente, el lector puede interpretar si nos están hablando de una *especie* o si se trata de una *población*.

Cuando este discurso se transfiere a los libros de secundaria, vemos que todas las editoriales coinciden sólo en nombrar a la *población* cuando se refieren al proceso de adaptación en el tema de la evolución. Pero todas ellas aluden también a otras muchas entidades. Algunas de ellas son *comunidades* ecológicas y otras son grupos de carácter taxonómico supraespecíficos. Incluso se nombran linajes evolutivos con la misma denominación que lo que hoy se corresponde con una *especie* (los caballos, el hombre). Pero no se percibe qué tiene que ver el comportamiento de cada individuo con la dinámica del grupo.

La delimitación de la *entidad* cobra especial importancia, desde el momento en que, para justificar el valor adaptativo de un rasgo, tanto en la literatura especializada como en los libros de secundaria, se habla de la adaptación en términos de respuestas a un problema. Pero la expresión *problema ambiental* cobra significado

específico en relación con la entidad que debe resolverlo. Lo más frecuente es que se aluda a la magnitud del cambio ambiental en términos tan relativos como «grandes» o «pequeños», los cuales demandan la aplicación de un modelo que suele estar implícito.

Si nos movemos en el modelo fisiológico, para hablar de los cambios cíclicos, diarios o estacionales, lo evidente podría ser que los organismos que lo ocupan no tienen problema, puesto que más bien se diría que los necesitan. En sentido estricto, el problema ambiental sólo existe para aquéllos que carecen de solución *porque no están adaptados*. En realidad se suele hablar de problema ambiental cuando vemos que algunas especies deben vérselas con un ambiente que, desde nuestra óptica antropocéntrica, nos resulta inhóspito. El problema para los ratones noctámbulos que hemos aludido, no sería tanto el depredador como el *depredador de ratones que sólo come a los que puede ver*, sobre todo si éstos son mayoría. Pero tal como aparece en los libros de texto de secundaria, cuando la población llegara a ser mayoritariamente parda («estuviera adaptada»), se acabaría el problema para las presas y empezaría el problema para el depredador que se encuentra con un ambiente *drásticamente nuevo: sin ratones noctámbulos a la vista*. Nos cuesta comprender que los cactus del desierto tengan problemas con el agua, o que la rata canguro estaría mejor en otro sitio menos árido, cuando paradójicamente se nos cuenta lo bien preparada que está para ello. Y así sucesivamente.

No predecimos qué ocurriría, sino que intentamos comprender qué es lo que ha ocurrido. Detrás de un «problema ambiental» puede haber, más que un problema *de supervivencia*, un problema «intelectual», pues nos extraña o nos asombra que alguien pueda hacer lo que nosotros no podemos.

• *¿Cuál es la relación entre el cambio estructural y la adaptación?*

Realmente, resulta muy difícil pretender transponer unos hechos que tienen el estatus de *evidencia* en un paradigma científico (el de la síntesis evolutiva) como evidencias en el paradigma escolar. En la escuela, el marco teórico hay que construirlo para que, finalmente, esos hechos resulten evidencias. Las relaciones encontradas son diversas, algunas de ellas por un mismo autor, lo cual puede llevarnos a argumentos circulares al proponerse causas y efectos como una misma cosa. Tal es el caso que hemos comentado a propósito de las relaciones causales entre adaptación y otros hechos. El problema se hace especialmente importante cuando se transponen las inferencias retrodictivas (predicciones sobre el pasado) como hechos directamente observables. Ésta es la situación que mostramos a través de los cinco casos siguientes:

1) *El cambio es un requisito para la adaptación*. Así se puede interpretar de algunas editoriales (A y C) cuando nos sitúan en el contexto de la evolución:

«Los descendientes modificaron su primitivo modelo de esqueleto [de su antecesor común], para adaptarlo a diferentes modos de vida.» (Cuarto curso de A)

Igualmente, parece que se pueden *observar* transformaciones en los huesos de las extremidades de los mamíferos que favorecen la adaptación del animal al medio. A partir de un dibujo donde se representan los esqueletos de extremidades anteriores (hombre, delfín, topo, caballo, perro y elefante [los huesos «húmero», «cúbito» y «radio» aparecen numerados, en cada extremidad]), se pide:

«¿Cuáles son las extremidades que están más transformadas [...]? ¿Qué adaptaciones se pueden observar en las extremidades? ¿Cómo favorecen estas transformaciones la adaptación del animal al medio?» (Cuarto curso de C)

Cuando, en nuestra opinión, lo más probable es que en el contexto escolar haya que explicar que los objetos que se aluden existen, que esos órganos son transformaciones, pero ¿de quién? ¿Cómo era ese antecesor común? ¿Por qué tiene que presuponerse que existió un antecesor común?

2) *La adaptación produce las diferencias*. Se puede interpretar la relación opuesta a la anterior, precisamente a través de la narración de hechos similares (las convergencias y divergencias evolutivas):

«Los órganos homólogos tienen la misma estructura, pero están adaptados a diferentes funciones, como las extremidades anteriores de los mamíferos. Sus diferencias se deben a la adaptación a diferentes medios» (Cuarto curso de C)

En cambio, nos parece poco probable que un «aprendiz» vea esas estructuras como *la misma*. Más bien, lo evidente en el contexto escolar es que tales estructuras son muy diferentes, pero hay que convencerles de que deben verse (*interpretarse*) como si fueran *la misma*.

3) Existen cambios que *son adaptaciones*. Unas veces, el referente empírico se corresponde con un modelo de adaptación intraespecífica. Para las dos citas que siguen, el modelo aparece explícito en el texto y hace referencia al hecho de que ambientes diferentes permiten prosperar a individuos con una constitución diferente:

«¿Cómo se originó una gama tan variada de adaptaciones? [...] Cuando los pinzones del continente llegaron a las islas, no encontraron mucha competencia de otros animales. Esto les permitió evolucionar en líneas diferentes y dar lugar a una serie de adaptaciones...» (Cuarto curso de B)

Otras veces nos hablan de otro tipo de hechos, una hipótesis acerca del mecanismo de cambio evolutivo transespecífico, que implica una reconstrucción histórica del pasado de lo que hoy llamamos *caballo*. Esta reconstrucción sólo es posible con un marco teórico-procedimental que incluya criterios de validación específicos:

«Los fósiles muestran cambios progresivos, como la adaptación de las patas del caballo a la carrera.» (Cuarto curso de C)

4) Existen cambios macroevolutivos, para los que *se elude hablar de adaptación*. Lo encontramos en una de las tres editoriales, cuando alude brevemente a la perspectiva saltacionista:

«La mayoría de los cambios evolutivos, la aparición de los grandes grupos de seres vivos: vertebrados de invertebrados, anfibios de peces, mamíferos de reptiles..., no se producen como dijo Darwin, sino como dicen Eldredge y Gould.» (Cuarto curso de A)

El problema es que esto se afirma al final del libro del último curso y después de intentar convencer de la plausibilidad del modelo darwiniano, gradual y continuo para explicar *la evolución*, incluidos las convergencias y las divergencias, como las señaladas más arriba, a través de las homologías.

Esta omisión a la adaptación se corresponde con la literatura especializada, en la que los autores que aluden al saltacionismo (Devillers y Chaline, 1993; Lewontin, 1982) encuentran que la adaptación por selección natural es insuficiente para explicar los «grandes cambios evolutivos».

5) *Omiten hablar de cambios estructurales*. Esta situación la encontramos en una de las editoriales (B). Estos autores muestran reservas al aludir a las «adaptaciones» y sólo describen la evolución (en cuarto curso) deteniéndose en el nivel de *cambios en las poblaciones* dentro de una misma especie.

RESULTADOS

A la vista de lo anterior, queremos destacar el efecto que ejercen ciertas expresiones, dificultando una interpretación sólida y coherente del modelo de adaptación. Estas dificultades las vimos al interpretar los textos universitarios, pero se agravan cuando se realiza la transposición del modelo a los libros de ESO.

El término *adaptación* puede aparecer como un término sin contenido específico. Nos referimos a que lo mismo que unos explican nombrando la adaptación, otros lo hacen omitiéndola, tanto en el contexto ecológico como en el evolutivo. En el contexto ecológico, *adaptación* significa lo mismo que *característica*, y «estar adaptado a un hábitat» equivale a decir «vivir en un hábitat». Apenas se nombra la adaptación cuando se abordan las sucesiones ecológicas. En el contexto evolutivo, la conquista de nuevos ambientes y las divergencias evolutivas igual las vemos explicitando *adaptación* que sin nombrarla.

Por otro lado, puede aparecer como un concepto difícil de justificar y de aplicar a situaciones nuevas debido a la debilidad de las argumentaciones.

Tanto desde la opción inductiva, que se manifiesta más en el primer ciclo, como desde la deductiva del segundo,

el problema que se detecta es encontrar modelos de situaciones que sean transponibles a situaciones nuevas; incluso a partir de ejemplos bien seleccionados, reputados o consensuados como «adaptaciones». Son muy pocos los autores (en ambos tipos de textos) que utilizan las herramientas explicativas y descriptivas inferidas para el modelo de proceso de adaptación, y aquellas que utilizan no siempre intervienen con la misma función. El resultado es la percepción de cierta arbitrariedad a la hora de establecer cuándo un rasgo es una adaptación.

La falta de explicitación de reglas de inferencia y de criterios claros para definir las adaptaciones promueve la especulación. El campo de los posibles se hace ilimitado, lo cual es incompatible con los principios científicos (seleccionistas) sobre la adaptación, y didácticamente incontrolable. Un mismo *rasgo* puede ser citado como adaptación de organismos diferentes en respuesta a factores diferentes. Por ejemplo, la «coloración externa del cuerpo» puede ser una adaptación con significado homeotérmico contra alguna condición climática y también de ocultación contra algún depredador. Incluso, dentro de un mismo sistema biológico como «los animales de los desiertos», puede significar una defensa contra esos dos tipos de factores ambientales. El problema es que el significado adaptativo no depende tanto del sistema organismo-ambiente, como del autor que nos habla de ello.

Los libros de secundaria obligatoria se muestran contundentes en su rechazo a la teleología interna, de carácter intencional, atribuida a la teoría de Lamarck. El argumento clave es que «los caracteres adquiridos no se heredan». Pero la falta de explicitación de qué es adaptación y qué es lo que se hereda y lo que se adquiere de entre lo que exhibe cada organismo, así como la ausencia de una genética ecológica y de un modelo de desarrollo ontogénico, resta fuerza al argumento.

A veces se habla de la selección natural como si de una persona se tratara («opta», «elige», «decide»), despojándola de su estatus de *principio*. Cuando a esto se añade su ejemplificación a través de la *selección artificial*, puede contribuir a que el lector se forje la idea de que existe algo o alguien que manipula o controla los fenómenos biológicos. Un fenómeno de esta clase resulta fácilmente compatible con la teleología externa de un modelo creacionista. Más cuando en ningún caso se exponen argumentos en contra del creacionismo, de manera explícita, como sí se hace contra el lamarckismo.

El modelo de adaptación se fundamenta en la contribución de la adaptación a la supervivencia. Las adaptaciones existen porque son necesarias para vivir. Ésta es la única perspectiva para el primer ciclo de ESO.

El vitalismo se transmite, especialmente a través de la fisiología, al describir la organización anatómico-funcional, como una consecuencia lógica de lo bueno que resulta para la supervivencia. Cada cosa existe porque es necesaria para vivir, aunque no se nombre la adaptación. No en vano todos los autores de textos de ESO denominan a los procesos fisiológicos *funciones vitales*.

En los textos especializados, los argumentos seleccionistas se reducen a criterios *utilitaristas*, en la mayor parte de los casos. En tales condiciones, *convencer* de la utilidad de un órgano no es homologable a *demostrar* la relación de éste con la selección natural. Dado que la utilidad de un órgano se puede manifestar en el *beneficio que reporta a su poseedor*, la adaptación se reviste de *necesidad*, dando pie a interpretaciones *finalistas* y *vitalistas*. Cuando se responde a los *porqués* de la adaptación, las respuestas suelen narrar un *cómo es* la adaptación. La causa de muchas adaptaciones se aporta describiendo el fenómeno desde otro nivel de observación. La pauta general es que, probablemente por limitaciones ajenas a los autores, no encontramos suficientes argumentos por los que haya que aceptar que tal o cual rasgo es una adaptación. La aceptación del estatus de adaptación puede ser más una cuestión de fe en el criterio de autoridad que de convicción por los datos a la luz de criterios claramente establecidos.

Cuando se quiere convencer de la influencia de algún factor ambiental se nos transmite una imagen antropocéntrica de ésta. Los «problemas ambientales» se describen como problemas intelectuales del observador para comprender el fenómeno que observa. Se habla de condiciones «duras» o «agradables», cuando a los que viven ahí no parezca que les vaya peor o mejor que a nosotros o que a los de otros hábitats. Si no fuera así, ¿cómo podrían vivir?

A veces se definen las mutaciones por sus efectos en el organismo tras la acción de la selección natural para explicar el efecto de ésta («favorable», «desfavorable»). El resultado es que una mutación resulta favorecida porque es favorable.

A lo largo de la ecología, en ambos ciclos, se crea y se desarrolla un concepto de *adaptación* que justifica lo que existe porque es algo útil. Este concepto es el que se aplica después, en evolución, como argumento para explicar la selección natural. En tales condiciones, no podemos decir que la adaptación explique la selección ni que la selección explique la *adaptación*, resultando éste un término vacío de contenido.

Se plantean cuestiones a los estudiantes acerca de hechos que no son tales, sino que incluyen importantes interpretaciones y juicios de valor. Puede ser el fruto de una argumentación antropocéntrica, en que las cosas son como hay que verlas. Las cosas son «pequeñas» o «grandes»; las temperaturas son «agradables» o «desagradables» y los rasgos biológicos son «asombrosos», «perfectos», etc.

Otras veces, el fenómeno se describe en términos de hechos científicos. Algo que se construye en un paradigma se propone como evidencia. Cuando se dice que una flor se parece a una abeja que ayuda a la fecundación de la flor, el *porqué* del rasgo queda incluido en su descripción. Cuando se dice que una extremidad de caballo tiene la misma estructura que una aleta de ballena, habrá que aclarar qué es una estructura y, cuando se hace, por ejemplo, a través de dibujos, se observa que la descripción contiene la explicación.

DISCUSIÓN

El problema no lo vemos tanto al analizar una obra determinada, sino cuando intentamos reconciliarlas. Precisamente, porque los científicos sostienen un debate acerca del significado de la adaptación, es imprescindible una mayor negociación del sentido que aplicamos a las palabras y, sobre todo, a los argumentos.

El uso de explicaciones teleológicas en la biología «científica» puede parecer pertinente, aceptando que eso ha permitido desarrollar importantes programas de investigación (Cadevall, 1988; Mayr, 1983). En cambio, se interpretan como un elemento distractor cuando se transponen literalmente al contexto de producción de la biología «escolar», en la medida en que el «propósito» se confunda con la «intención». Aunque sólo sea porque existen procesos biológicos *que hay que enseñar* y sí son intencionales, y aunque sólo sea porque la nueva era tecnológica nos demuestra que existen procesos que transcurren con una intención o voluntad interna y otros con una intención externa, ¿estaríamos de acuerdo en aceptar que estos cambios son «adaptaciones»?

Entre los científicos, la existencia de las herramientas conceptuales para la descripción y para la explicación del fenómeno de la adaptación pueden darse por implícitas, dado el tipo de audiencia al que se dirigen en la literatura especializada. No discutimos que teleología no pueda significar otra cosa que existen leyes que gobiernan los fenómenos biológicos. El carácter teleológico permite que existan modelos para contrastar las hipótesis acerca de la interacción entre información genética y otros factores, así como las leyes que determinan la heredabilidad de algún carácter. No se discute siquiera que todos los procesos biológicos requieren ser considerados al margen de la teleología externa.

Pero la situación escolar es diferente. El sentido de la adaptación como algo evidente tuvo un significado específico antes y después de la teoría darwiniana y, sobre todo, antes y después de la síntesis evolutiva. No se comprende bien, por tanto, que la estrategia didáctica para explicar la síntesis evolutiva deba seguir los mismos derroteros que siguió la ciencia. Se podría discutir con los conocimientos actuales, la conveniencia o no de partir de la consideración de que los individuos están «bien adaptados». Habría que tener en cuenta que esta concepción nació en un modelo creacionista, en el que la imperfección no tenía cabida. Y sobre todo, cuando los científicos están ocupados en dar sentido a esa expresión y en demostrarlo.

Si lo que se quiere es explicar la dinámica del mundo vivo, entendemos que debiera prestarse más atención a modelos que tengan en cuenta las *herramientas explicativas* (variabilidad genética, reproducción, desarrollo y selección). El obstáculo epistemológico podría estar no tanto en diferenciar la biología de la especie de la biología de los individuos como en la integración de ambas. La opción analítica es la que predomina en los libros especializados y la que, consecuentemente, se transpone a los libros de secundaria.

De acuerdo con los críticos del modelo «adaptacionista», pensamos que sería interesante una estrategia didáctica que preste más atención a la reconstrucción de modelos de desarrollo ontogénico. A lo largo de la secundaria, los estudiantes no tienen apenas ocasión de estudiar cómo se diferencian los órganos, cuando la presencia o ausencia de los órganos es un criterio utilizado para explicar la adaptación. Los modelos de cambio biológico inferidos, el fisiológico y el evolutivo, no agotan las posibilidades de cambio que se pueden observar. Existen cambios como los ontogénicos, que requieren, para su comprensión, elementos de ambos modelos, como hemos comentado a propósito de la herencia de los caracteres adquiridos. Una mayor atención en los niveles de secundaria obligatoria al desarrollo, desde la genética, podría ayudar a los estudiantes a comprender que todos somos diferentes por ley, la misma ley que nos une como elementos de un todo. La misma ley que impide que todo sea posible y que explica por qué pequeñas intervenciones en el organismo, o bien en su entorno, pueden implicar grandes cambios en el sistema indisoluble que forman estos elementos; los medios de comunicación hacen que palabras como *mutantes*, *clones*, *fecundación artificial* e *ingeniería genética* hayan dejado de ser raras para los estudiantes. Probablemente habría que dotarlas del significado escolar adecuado.

Si la biología sólo puede entenderse a la luz de la teoría de la evolución, la selección natural no sería otra cosa que una descripción del funcionamiento de los ecosistemas. Para la didáctica, el planteamiento de *cuestiones* quizás requiera negociar la diferencia que existe entre *cómo vemos los organismos* –lo que incluiría *qué tienen y qué hacen*– de *por qué pueden hacer algo*. Sería igualmente importante diferenciar *por qué pueden hacerlo* de *cómo pueden hacerlo*.

Al introducir la genética como un preludio de la *teoría de la evolución* y después de describir la ecología y la fisiología como *una respuesta de los organismos al entorno*, estamos transmitiendo un modelo darwiniano previo a la síntesis evolutiva. Poco ayuda la genética a los estudiantes a comprender y a utilizar argumentos

sobre los cambios biológicos cuando se les ha enseñado a argumentar al margen de ese marco teórico.

Para terminar, y como sugiere Prevosti (1997), debiera prestarse más atención a la interacción que pueda existir entre la escasa formación biológica de los estudiantes y los factores parabiológicos como es la ideología que tradicionalmente ha impregnado el desarrollo de las tesis darwinianas. En un estudio sobre el papel de la evolución en el currículo de biología en España, Barberá y otros (1999) llaman la atención sobre el peso de los ideales políticos, sociales y las creencias religiosas en el tema. Desde nuestro punto de vista, la idea de que «funcionamos como artefactos contruidos para un propósito», puede conducir a productos didácticos que luego no acaban de gustarnos, puesto que son plausibles desde un modelo gobernado por algún *designio* preestablecido. Alguien podría aclarar que entiende por *designio* la información genética; ésa es la grandeza de las metáforas.

Hemos de pensar que el actual sistema educativo prevé que la adaptación pueda ser impartida por personas de formación inicial muy diversa, no necesariamente versados en biología. Hemos de pensar que la epistemología del profesor y del estudiante está mediada por factores sociales y culturales, en los que las creencias y los conocimientos previos son diversos. Tal variabilidad de perspectivas en los libros puede enriquecer sin duda el sentido de la adaptación, pero también puede confundir si el marco de referencia está poco explícito. El diálogo entre el lector y el autor se favorece cuando se conocen las reglas de juego. Para poder evaluar una información se requiere la consideración del marco en que nos situamos. No acabamos de comprender por qué ese marco teórico se hace explícito, casi siempre, al final de la etapa de secundaria.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen las sugerencias realizadas por parte de los revisores, así como las indicaciones de Óscar Barberá, lo que ha contribuido a la mejora de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBERÁ, Ó., ZANÓN, B. y PÉREZ-PLA, J.F. (1999). Biology Curriculum in Twentieth Century Spain. *Science Education*, 83, pp. 97-111.
- BARTOV, H. (1978). Can students be taught to distinguish between teleological and causal explanations? *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), pp. 567-572.
- BARTOV, H. (1981). Teaching students to understand the advantages and disadvantages of teleological and anthropomorphic statements in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), pp. 79-86.
- CADEVALL, M. (1988). *La estructura de la teoría de la evolución*. Bellaterra (Barcelona): Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- CHEVALLARD, Y. (1992). *Transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble. Cedex. Francia: La pensée sauvage.
- DE LA GÁNDARA, M. (1999). «La transposición didáctica del concepto de *adaptación biológica*». Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza.
- DE LA GÁNDARA, M. y GIL, M.J. (1995). El lenguaje oculto en los libros de texto. *Aula*, 43, pp. 35-39.
- DE LA GÁNDARA, M., GIL, M.J. y SANMARTÍ, N. (2000). The biological adaptation model: Obstacle or didactic resource? III Conference of European Researchers in Didactics of Biology, p. 34. Santiago de Compostela.

- DUSCHL, R. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 3-20.
- FERRARI, M. y CHI, M.T.H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), pp. 1231-1256.
- GOULD, S.J. (1984). *Dientes de gallina y dedos de caballo*. Madrid: Hermann Blume.
- GOULD, S.J. y LEWONTIN, R. (1979). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proc. R. Soc. Lond.*, B, 205, pp. 581-598.
- GRAU, R. (1993). Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 87-89.
- HALBWACHS, F. (1971). Causalité linéaire et causalité circulaire en physique, en Bunge, M., Halbwachs, F., Kuhn, T.S., Piaget, J. y Rosenfeld, L. *Les théories de la causalité*, pp. 19-38. París: Presses Universitaires de France.
- HALLDÈN, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10(5), pp. 541-552.
- IZQUIERDO, M., ESPINET, M., GARCÍA, M.P. y SANMARTÍ, N. (1996). Características de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 79-91.
- JOHSUA, S. y DUPIN, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. París: Presses Universitaires de France.
- LÓPEZ MANJÓN, A. (1996). La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la biología, en Carretero, M. et al. *Construir y enseñar las ciencias experimentales* pp. 153-173. Buenos Aires: Aique.
- MILES, M.B. y HUBERMAN, A.M. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*. Newbury Park, CA: Sage.
- OGBORN, J., KRESS, G., MARTINS, I. y MCGILLICUDDY, K. (1998). *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid: Aula XXI - Santillana.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- PREVOSTI, A. (1997). La adaptación en biología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 11, pp. 93-101.

[Artículo recibido en enero de 2001 y aceptado en septiembre de 2001.]

ANEXO I

Composición de la muestra «Literatura especializada».

- ALBERTS, B. et al., (1990). *Biología molecular de la célula*. Barcelona: Omega.
- CURTIS, H. y BARNES, N.S. (1997). *Invitación a la biología*. Madrid: Médica panamericana.
- CLARKE, G.L. (1971). *Elementos de ecología*. Barcelona: Omega.
- DEVILLERS, C. y CHALINE, J. (1993). *La teoría de la evolución. Estado del tema a la luz de los actuales conocimientos científicos*. Madrid: Akal.
- DOBZHANSKY, T., AYALA, F.J., STEBBINS, G.L. y VALENTINE, J.W. (1980). *Evolución*. Barcelona: Omega.
- GANONG, W.F. (1971). *Fisiología médica*. México: El manual moderno.
- GRASSÉ, P.P. (1978). *Zoología 3. Vertebrados: agnatos, peces, anfibios y reptiles*. Barcelona: Toray-Masson.
- LEWONTIN, R.C. (1978). La adaptación, en *Evolución*, pp. 141-155. Barcelona: Labor.
- MARGALEF, R. (1991). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona: Publicacions Universitat de Barcelona.
- MAYR, E. (1983). How to carry out the adaptationist program? *The American Naturalist*, 121(3), pp. 324-334.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. (1976). *Fisiología animal*. Barcelona: Omega.
- STRASBURGER, E. (1984). *Tratado de botánica*. Barcelona: Omega.
- WEISZ, P.B. (1971). *La ciencia de la biología*. Barcelona: Omega.

ANEXO II

Composición de la muestra «Libros de texto de ESO»

- CARRIÓN, F., GIL, C., SATOCA, J. y VISQUERT, J.J. (1996). *Ciencias de la naturaleza 1*. Madrid: Anaya.
- CARRIÓN, F., GIL, C., SATOCA, J. y VISQUERT, J.J. (1997). *Ciencias de la naturaleza 2*. Madrid: Anaya.
- BERGES, T., CARRIÓN, F., GIL, C. y MARTÍNEZ, J. (1995). *Ciencias de la naturaleza. Biología y geología 3*. Madrid: Anaya.
- BERGES, T., CARRIÓN, F., GIL, C. y MARTÍNEZ, J. (1995). *Ciencias de la naturaleza. Biología y geología 4*. Madrid: Anaya.
- DEL CARMEN, L., PEDRINACI, E., CAÑAS, A. y FERNÁNDEZ, M. (1996). *Ciencias de la naturaleza. Secundaria 1. Explora*. Madrid: SM.
- DEL CARMEN, L., PEDRINACI, E., CAÑAS, A. y FERNÁNDEZ, M. (1997). *Ciencias de la naturaleza. Secundaria 2. Explora*. Madrid: SM.
- DEL CARMEN, L. y PEDRINACI, E. (1994). *Ciencias de la naturaleza. Biología y geología. Secundaria 3*. Madrid: SM.
- DEL CARMEN, L. y PEDRINACI, E. (1995). *Ciencias de la naturaleza. Biología y geología. Secundaria 4*. Madrid: SM.
- BRINCONES, I., CEREZO, J.M., CUERVA, J., SÁNCHEZ, D. y ZARZUELO, C. (1996). *Ciencias de la naturaleza, 1º*. Madrid: Santillana.
- ARRIBAS, E., BRINCONES, I., CEREZO, J.M., CUERVA, J., SÁNCHEZ, D. y ZARZUELO, C. (1997). *Ciencias de la naturaleza, 2º*. Madrid: Santillana.
- ÁLVAREZ, M.I., CEREZO, J.M., ESCARRÉ, A., ESTELLER, A., MULAS, J. y ZARZUELO, C. (1995). *Ciencias de la naturaleza. Biología y geología 3º*. Madrid: Santillana.
- ÁLVAREZ, M.I., CEREZO, J.M., ESCARRÉ, A., ESTELLER, A., MULAS, J., ZARZUELO, C. (1995). *Ciencias de la naturaleza. Biología y geología 4º*. Madrid: Santillana.