

**SOBRE EL ORIGEN DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS EN BIOLOGÍA:
ELEMENTOS COMUNES ENTRE EL ALUMNADO Y LOS LIBROS DE TEXTO.**

About the origin of the preconceptions in biology: resemblances between textbooks and students.

GONZÁLEZ GARCÍA, Francisco.

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada.

TAMAYO HURTADO, Manuel.

Profesor de Biología y Ciencias. Facultad de Salud, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Fecha de finalización del trabajo: diciembre 1999

Fecha de recepción por la revista: enero 2000

Fecha de aceptación:

C.D.U.: 57.01 372.8

BIBLID [ISSN:0214-0484. Rev.Edu.Univ.Gr. (2000). Vol.13, págs.]

RESUMEN: En este trabajo revisamos los contenidos de biología presentes en los libros de enseñanza primaria y secundaria, comparándolos con las concepciones previas de los estudiantes. El análisis muestra que los textos pueden transmitir ciertas concepciones culturales y reflejan diversas concepciones espontáneas también presentes en los estudiantes.

Palabras clave: Enseñanza de la biología, Concepciones previas, Análisis de textos.

ABSTRACT: Biological contents in elementary and secondary textbooks were reviewed and compared with the students' preconceptions. Results showed that textbooks could reflect culture and spontaneous preconceptions which are in students' mind, too.

Key words: Biological education, Preconceptions, Textbooks content.

SUMARIO

1. Introducción. 2. Material y metodología de trabajo. 3. Resultados. 3.1 Generalizaciones y otros usos del lenguaje. 3.2 Polisemias de la Ciencia oficial. 3.3 Concepciones previas comunes. 3.4 El pensamiento teleológico. 4. Conclusiones. 5 Referencias bibliográficas.

1. INTRODUCCIÓN

El papel de los conocimientos previos en el aprendizaje de las ciencias es uno de los temas básicos en la investigación didáctica. El origen de estos conocimientos o concepciones es diverso, algunos se forman de manera espontánea en un intento de dar significado a los hechos cotidianos (concepciones de origen sensorial o concepciones espontáneas); otros surgen del entorno cultural y sus diversos elementos como son el lenguaje, los medios de comunicación, la publicidad, los textos divulgativos, etc. (concepciones de origen cultural o representaciones sociales). La escuela, también, es fuente de ideas que son base para posteriores aprendizajes (concepciones de origen escolar o concepciones analógicas). La mente del alumnado se impregna con los usos más o menos correctos de modelos, metáforas y analogías escolares, así como con los errores transmitidos por los textos o por las explicaciones recibidas (Pozo y Gómez, 1998).

En la enseñanza de la biología diversos estudios han puesto de manifiesto la influencia de los libros de texto en los errores conceptuales de los alumnos. La secuenciación de los contenidos (Cho, Kahle y Nordland, 1985; Mills, 1993), el lenguaje utilizado en los libros (Pearson y Hughes, 1988; Odom, 1993) o sus representaciones gráficas (Reid, 1990) pueden ser el origen de concepciones erróneas de los estudiantes. Los libros de texto o estudio suelen guiar el curriculum escolar y continúan siendo la herramienta más usada por el profesorado, por ello es lógico que se investigue en la mejora de los mismos para favorecer el aprendizaje de las ciencias.

Este trabajo se sitúa en el marco de las concepciones previas como origen del conocimiento en las ciencias de la vida. Nuestro objetivo se centra en estudiar los conocimientos previos originados y/o reforzados por los errores y dificultades que los textos de estudio manifiestan al presentar diversos conceptos de biología.

2. MATERIAL Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Se revisaron los contenidos biológicos presentes en 35 textos de enseñanza primaria y secundaria obligatoria vigentes en Andalucía. Quince textos pertenecen al área de

Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural (tercer ciclo de Primaria) y el resto al área de Ciencias de la Naturaleza o Biología-Geología (para ESO).

Los textos revisados son los siguientes: De *5º Curso* de Educación Primaria (todos publicados en 1994): (1) Anaya, (2) Bruño, (3) Santillana, (4) Everest, (5) Vicens Vives, (6) Edelvives, (7) Guadiel. De *6º Curso* de Educación Primaria: (8) Guadiel, 1995; (9) Anaya, 1995; (10) SM, 1995; (11) Santillana, 1996; (12) Everest, 1995; (13) Vicens Vives, 1996; (14) Edelvives 1995 (Cuaderno Prácticas); (15) Edelvives, 1995. De *1º Curso ESO* (todos publicados en 1996): (16) Anaya, (17) Anaya (Cuaderno Prácticas), (18) SM-Ozono, (19) SM-Explora, (20) Santillana, (21) Vicens Vives, (22) Edelvives. De *2º Curso ESO*: (23) Editorial Ibaizabal, 1996. De *3º Curso ESO*: (24) Elzevier, 1993; (25) Algaida, 1993; (26) Anaya, 1995; (27) SM, 1994; (28) Santillana, 1995; (29) Edelvives, 1995; (30) Akal, 1994. De *4º Curso ESO*: (31) Elzevier, 1993; (32) Algaida, 1993; (33) Anaya, 1995; (34) SM, 1995; (35) Edelvives, 1995.

En el cuerpo del trabajo se citan entre paréntesis con su número identificativo, según la relación anterior, indicándose la página donde hallar el contenido comentado. Así, por ejemplo (1-18) hace referencia al texto de *5º Curso* de Primaria de la editorial Anaya, página 18. Las citas textuales aparecen entre comillas y en cursiva. Las redacciones alternativas a los textos comentados aparecen entre comillas.

Las concepciones previas de los alumnos en el campo de las ciencias de la vida se han recogido de tres amplias revisiones presentes en la bibliografía: Driver y cols. (1999), de Manuel y Grau (1996) y Serrano (1987). También hemos utilizado una clasificación previa de errores y dificultades detectables en los textos de estudio (Tamayo y González, 1998). Los contenidos y aspectos dudosos se compararon con los criterios de libros de biología utilizados habitualmente a nivel internacional y con textos especializados de nivel universitario.

3. RESULTADOS

3.1 Generalizaciones y otros usos del lenguaje

El lenguaje no es sólo vehículo para la expresión de los conceptos, también los construye, modifica o mantiene. En los niveles de enseñanza universitaria o no obligatoria puede no constituir un obstáculo para el aprendizaje, pero en los niveles iniciales y obligatorios los resultados pueden ser distintos y provocar efectos contrarios a los deseados.

En la Tabla 1 se muestran diversos enunciados, presentes en los textos revisados, que calificamos, según una tipología previa (Tamayo y González, 1998), como generalizaciones excesivas. Estas generalizaciones, a menudo, pueden conducir a realizar afirmaciones poco exactas, caer en contradicciones o a usar términos con amplitud muy distinta. La transposición didáctica tiende a producir éstas generalizaciones y/o simplificaciones excesivas, mostrándose lo propio del ser humano o de los mamíferos como lo general en el resto de los seres vivos. Dados los niveles de enseñanza es obvio que, aunque no sea posible mostrar todos los aspectos o matices de un fenómeno biológico, debe tenerse especial cuidado al utilizar términos como “siempre” o “nunca”, en particular al introducir un nuevo concepto en los niveles de enseñanza obligatoria.

TABLA 1. Generalizaciones excesivas

Contenido	Cita (entre paréntesis se indica la redacción más correcta o las modificaciones a realizar)	Texto
Histología	<i>“Un tejido es un conjunto de células (y otros elementos) que realizan una función común”.</i>	18-59
Órganos	<i>“La lengua es un músculo con gran capacidad de movimiento”.</i> (La lengua contiene un músculo con...).	8-138
Aparato Respiratorio	<i>“Los animales vertebrados terrestres respiran por pulmones y los animales acuáticos respiran por branquias”.</i> (Hay que precisar que es lo general o más común, pero que hay excepciones).	4-156
Sistema Nervioso	<i>“Los invertebrados tienen un sistema nervioso sencillo, formado por nervios y ganglios”.</i> (Es lo general pero hay excepciones significativas).	20-35

Reproducción	La fecundación externa se generaliza al medio acuático y la interna al medio terrestre”. (Hay numerosas excepciones).	18-115;26-114;20-37.
	En las clasificaciones de animales ovíparos y vivíparos también debe considerarse que hay excepciones dentro de todos los grupos de vertebrados (por ejemplo hay muchos peces vivíparos y mamíferos ovíparos).	19; 26
Ecología	<i>“Los únicos reptiles que viven en el mar son las tortugas marinas”</i> . (Los principales reptiles que...)	3-58
Metabolismo	<i>“Todos los seres vivos necesitan aire para poder vivir”</i> . (No se consideran los numerosos microorganismos anaerobios).	8-145
Biología celular	<i>“Todas las bacterias tienen una pared rígida que rodea a la membrana de la célula”</i> . (La mayoría de las bacterias...).	23-134
	<i>“Las reacciones del catabolismo tienen lugar en las mitocondrias”</i> . (“Las principales reacciones del catabolismo tienen ...”).	28-12

3.2 Polisemias de la Ciencia oficial

Existen diversos conceptos biológicos que la comunidad científica define de forma distinta según el criterio utilizado o el contexto en que se sitúen. Este hecho no impide el desarrollo de la ciencia, pero en ocasiones queda reflejado en los textos de enseñanza obligatoria y puede dificultar la comprensión de los contenidos de aprendizaje. Mostramos cuatro ejemplos presentes en los textos revisados.

3.2.1 El término **carnívoro** se utiliza en ciencias con cuatro significados distintos:

a) Carnívoro (adjetivo): Organismo que se alimenta de sustancias de origen animal. Se utiliza especialmente en ecología. Incluye por ejemplo a los insectívoros, piscívoros, carroñeros, plantas carnívoras, etc. Sinónimo alternativo: zoófago.

b) Carnívoro (adjetivo): Animal que se alimenta de carne. Se entiende que carne corresponde a las vísceras y musculatura de los vertebrados terrestres; de manera que este término es más restringido que el anterior y se refiere sólo a los depredadores terrestres, como el tigre o el lobo, y excluye, por ejemplo a quienes comen insectos o peces. También es utilizado en ecología. Sinónimos: carnicero, rapaz.

c) Carnívoro (sustantivo): Perteneciente a un orden de mamíferos que incluye a varias familias como los cánidos, félidos, úrsidos, etc. Su amplitud no coincide con la de los adjetivos indicados anteriormente, porque excluye a todos los no mamíferos y a los que siendo mamíferos pertenecen a otros órdenes; en cambio, incluye especies omnívoras e incluso a algunas herbívoras, como el panda mayor. Sinónimo: carnívoro fisípedo.

d) Carnívoro (sustantivo): Perteneciente a un Superorden de mamíferos que incluye a todos los carnívoros indicados en la definición c) más otros, como focas, morsas y leones marinos. Estas dos acepciones son propias de la taxonomía animal.

Considerando la diversidad de significados de la palabra carnívoro, y la gran cantidad de especies existentes en cualquier parte del mundo que se incluyen en cualquiera de estas acepciones, resulta insólita la pregunta que plantea un texto: “*¿Cuál es el animal carnívoro de la pradera africana?*” (3-77).

En algunos textos de estudio, al presentar las relaciones tróficas, se clasifican a todos los animales en carnívoros, herbívoros, u omnívoros, y por lo tanto se considera a los carnívoros en el sentido más amplio (zoófagos). En este caso sería preferible utilizar los términos zoófagos y fitófagos. Con ello se evitaría la confusión posterior o el uso ambiguo en los estudios de las adaptaciones alimentarias, dado que en este otro caso el término se utiliza de forma más reducida. Así, en frases como: “*Los carnívoros son animales que tienen los sentidos muy desarrollados. Están preparados para la caza y poseen garras y fuertes mandíbulas*” (10-58); “*Los carnívoros, como el lince y el lobo, poseen unos colmillos grandes y puntiagudos para matar y desgarrar sus presas*” (1-57); nos referimos a mamíferos rapaces, pero no pueden aplicarse a mamíferos que se alimentan de insectos o de peces, ni a los animales rapaces no mamíferos, como las aves depredadoras.

3.2.2 El término **simbiosis** se suele utilizar con sentidos muy diferentes y en los textos revisados hemos hallado al menos cinco acepciones, aunque en textos de biología

general y ecología aún pueden encontrarse algunas más (Odum, 1985). Así, encontramos estas definiciones o explicaciones para el término simbiosis:

- a) *“Cualquier interrelación entre dos especies diferentes”* (Lapedes, 1990). Este criterio es aceptado por textos que explican la simbiosis como *“cualquier tipo de asociación que se establezca entre dos individuos de distintas especies”* (6-88).
- b) De una forma mas restringida otros textos la definen como *“una asociación de dos seres vivos de distinta especie y en ella se incluye los casos de comensalismo, mutualismo y parasitismo”* (4-245); *“Hablamos de simbiosis siempre que la relación establecida entre especies diferentes suponga un beneficio para alguna de ellas sin perjuicio de las demás. Dentro de esta relación diferenciamos el mutualismo, el comensalismo y el inquilinismo”* (32-65).
- c) *Cualquier “asociación permanente entre dos organismos de distinta especie, que de este modo se complementan”* (35-15).
- e) Como sinónimo de mutualismo: *“El mutualismo o simbiosis reporta beneficios a ambos asociados”* (33-75); *“Asociaciones en las que ambas especies se ven beneficiadas“* (8-183); *“Simbiosis: Conviven y se benefician mutuamente”* (30-105).
- e) Como un tipo de mutualismo obligado: *“Mutualismo: Con frecuencia, dicha relación es obligada, merced a un mecanismo de coevolución, no pudiendo subsistir una especie en ausencia de la otra, en cuyo caso se suele hablar de simbiosis”* (31-99).

De las citas anotadas puede establecerse que el término simbiosis se utiliza para todo tipo de asociaciones o sólo para las beneficiosas o para las que beneficien a ambos organismos o para las que beneficien al menos a uno de ellos; para cualquier relación beneficiosa o solamente para las obligatorias; para las relaciones estrechas, ya sea transitorias o permanentes. Se usa, por tanto, como sinónimo de mutualismo, comensalismo, inquilinismo, etc. La diversidad de sentidos en que se utiliza esta misma palabra hace necesario eliminarla o utilizarla en forma muy cuidadosa, definiéndola claramente y advirtiendo acerca de sus múltiples significados.

3.2.3 El término **huevo** se utiliza con significados diferentes.

- a) Como célula sexual femenina, es decir como sinónimo de óvulo. Así aparece en algunos diccionarios de términos biológicos (Lapedes, 1990).
- b) En algunos de los textos de estudio revisados se define huevo como sinónimo de cigoto.

En un texto se explica que: *“la fusión entre un óvulo y un espermatozoide da como resultado un huevo o cigoto”* (6-16; también en 18-115; 25-27) y en otros como el *“conjunto del cigoto y sus cubiertas”* (5-86).

c) En otros casos el término huevo es utilizado como sinónimo de un estado embrionario con reservas alimenticias. Así: *“Los embriones se forman en el interior de cáscaras y cubiertas resistentes, que recibe el nombre genérico de huevos. Los animales que tienen este desarrollo se llaman ovíparos. Las aves, los peces, los reptiles y los anfibios son ovíparos”* (9-24); sin embargo, en la misma página se usa el término *huevo* como sinónimo de cigoto.

Para evitar ambigüedades y formación de conceptos erróneos, creemos que es preferible eliminar el término de “huevo” como sinónimo de óvulo y el término de “huevo fecundado” como sinónimo de cigoto, y definir “huevo” en forma amplia como cigoto con sus cubiertas nutritivas y protectoras y “huevo cleidoico o con cáscara dura” al tipo particular de huevo de aves y reptiles.

3.2.4 Un concepto básico en biología, pero cuya definición y aplicación en la ciencia oficial tropieza con dificultades, es el de **especie**.

Por el contrario en los diversos textos de estudio revisados se opta por la definición tradicional, llamada a veces “especie biológica”. Citamos, de entre los muchos posibles, seis ejemplos:

- *“hasta llegar a la especie, que como recordarás es el conjunto de individuos capaces de reproducirse entre sí”* (15-69);
- *“una especie se define como un conjunto de seres vivos que, al proceder de antepasados comunes, son parecidos entre sí y son capaces de reproducirse entre ellos dando lugar a individuos fértiles, también parecidos entre sí y a sus progenitores, y aptos para reproducirse.”* (18-69);
- *“una especie biológica es el conjunto de individuos con características semejantes, que son capaces de cruzarse entre sí y producir descendientes fértiles.”* (21-139);
- *“los seres vivos de una misma especie son muy semejantes entre sí, tienen antecesores comunes y al cruzarse su descendencia es fértil”* (30-65);
- *“una especie es un concepto que utilizamos para denominar a un conjunto de individuos que tienen gran cantidad de caracteres comunes, por lo que tienen antecesores de*

caracteres parecidos y tienen capacidad de reproducirse y dar descendencia fértil, con caracteres así mismo parecidos a sus progenitores” (31-119).

- *“un grupo de seres vivos pertenecen a una misma especie cuando, además de presentar características comunes, son fértiles entre sí y sus descendientes lo siguen siendo” (32-15).*

Todas las definiciones se centran en las características reproductivas. Esta unanimidad induce a pensar que entre los especialistas existe un consenso acerca de la naturaleza de la “especie”. La definición aparece, por tanto, como una verdad absoluta y bien establecida.

En realidad esto no es así, los especialistas han planteado diversas definiciones de especie. El concepto reproductivo, recogido por los libros de texto, tiene varios inconvenientes: no puede aplicarse a especies cuya reproducción se realiza principalmente por división binaria (bacterias), ni a los organismos fósiles (paleoespecies), cuando se describen nuevas especies es inaplicable por razones prácticas, por lo cual se aplica un criterio sólo morfológico (morfoespecies). Para resolver estos inconvenientes se han propuestos diversos conceptos como el de especie evolutiva y el de especie ecológica, conceptos que amplían la concepción genética del criterio reproductivo a concepciones filogenéticas y ecológicas, respectivamente, pero tampoco resuelven todas las situaciones que presentan la variabilidad de los seres vivos (Ereshefsky, 1992).

Obviamente, no podemos pretender que los textos de estudio de enseñanza media desarrollen y discutan los diversos conceptos de especie que plantean actualmente los especialistas, pero podemos acordar que los textos desarrollen el concepto reproductivo de especie, que es el mejor conocido, siendo además aconsejable que señalaran sus limitaciones e indicaran que es uno de los varios conceptos de especie propuestos.

De hecho en un texto se contrasta el concepto morfológico con el concepto reproductivo de especie mediante un ejemplo: *“a veces las apariencias engañan, como ocurre con los perros. Las razas más distintas pueden cruzarse entre sí y producen descendientes fértiles. Por este motivo, decimos que todos los perros pertenecen a la misma especie” (21-139).* El ejemplo es válido, aunque su planteamiento es defectuoso, porque es evidente que no pueden cruzarse entre sí los ejemplares pertenecientes a razas de muy diferentes dimensiones, por ejemplo un San Bernardo con un pequinés. Se consideran como pertenecientes a una misma especie, aplicando el concepto reproductivo, porque puede existir un flujo de genes

entre ambos extremos mediante sucesivos cruces con ejemplares de razas de dimensiones intermedias. Si todas las demás razas de perro se extinguieran quedarían aisladas reproductivamente, pasando a constituir verdaderas especies. Una explicación más correcta podría ser: “a veces las apariencias engañan, como ocurre con los perros. Las razas más distintas pueden cruzarse por intermedio de razas de dimensiones intermedias, y producir descendientes fértiles. Por este motivo, decimos que todos los perros pertenecen a la misma especie”.

En el lenguaje común algunas personas emplean el término “especie” para referirse a un organismo individual, confundiendo los términos “especie” e “individuo”. Esta confusión puede reforzarse con la frase: *"cuando vamos al campo y cogemos una planta, lo que tenemos en nuestra mano es una especie..."* (4-206). En su lugar, debió escribirse: “cuando vamos al campo y cogemos una planta, lo que tenemos en nuestra mano es un ejemplar perteneciente a una determinada especie...”

Berzal y Barberá (1993) han puesto de manifiesto que los conceptos de población y especie interfieren entre si durante el proceso de instrucción. La noción de especie requiere asimilar el concepto de aislamiento reproductivo y de interfecundidad entre poblaciones, siendo muy fuerte la concepción antropocéntrica de población (como agregado de unidades visibles).

3.3 Concepciones previas comunes

3.3.1 Concepciones en anatomía y fisiología .

La enseñanza de la fisiología y morfología del ser humano se enfrenta a numerosas concepciones de los alumnos. Los estudiantes presentan conocimientos previos sobre los diversos sistemas orgánicos, aunque algunos han sido objeto de mayor atención por las investigaciones didácticas.

Las funciones de nutrición, y en ellas el sistema digestivo, son muy estudiadas a lo largo de la educación obligatoria. Por ello, las concepciones de los estudiantes han sido ampliamente caracterizadas (Nuñez y Banet, 1996; Cubero, 1998; Perez de Eulate y Llorente, 1998). A pesar de su presencia repetida en el curriculum, alumnos de hasta 14 años no suelen incluir las glándulas anejas como órganos digestivos. Igualmente, y a pesar de las numerosas recomendaciones para su enseñanza, un texto declara que: *“El aparato*

digestivo está formado por estos órganos: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso” (11-38).

En el estudio del sistema nervioso hay una concepción que, fruto de una analogía muy habitual, perdura hasta la edad adulta: las neuronas y los nervios actúan como cables eléctricos. Afirmaciones similares encontramos en los textos:

- *“el funcionamiento del sistema nervioso se basa en los impulsos eléctricos que recorren las neuronas” (28-14);*
- *“las neuronas están conectadas entre sí mediante sus prolongaciones, y pueden pasarse mensajes unas a otras debido a que por ellas circula una corriente eléctrica de muy baja intensidad” (13-42).*

También en este campo, los alumnos no suelen considerar las relaciones entre el sistema nervioso central y los órganos receptores. Este problema, que se mantiene hasta edades avanzadas de escolarización, puede ligarse a varias confusiones detectadas en los textos. Así, es habitual una cierta confusión entre el concepto de receptor y órgano de los sentidos, pues si bien todos los órganos de los sentidos contienen receptores sensoriales, no todos ellos se localizan en órganos especializados. Tampoco hay en los libros revisados una discusión acerca de la relación entre sentido y sensación, aunque se admite de forma general que cada sentido corresponde a una modalidad sensorial. Así: *“nuestros sentidos son la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto” (7-7)*. En los textos de primaria revisados sólo en el caso de la piel se indica que a través de ella tenemos diversas sensaciones, pero no hay comentario sobre las sensaciones de equilibrio ligadas al oído.

En relación con el esqueleto es habitual encontrar dos concepciones en los alumnos. Por un lado, la creencia de que no está constituido por materia viva sino inerte. En los textos hay declaraciones que inducen a pensar erróneamente que el hueso es un material inerte desprovisto de células: *“Los huesos están formados por una substancia, la osteína, y por minerales, sobre todo calcio” (6-6); “Los huesos están formados por una substancia llamada osteína y por sales cálcicas, que hacen que el hueso sea duro y quebradizo” (12-7)*. Por otra parte, es habitual que no se relacione con el movimiento, siendo concebido sólo como un soporte estático del cuerpo. Braund (1998) ha puesto de manifiesto que los jóvenes, hasta 14-16 años, pueden tener dificultades para diferenciar entre animales

vertebrados e invertebrados, dado que la presencia de columna vertebral o de un esqueleto interno les resulta incompatible con el movimiento propio de peces y reptiles.

En los textos revisados, el concepto de esqueleto es variable y encontramos tres definiciones:

- a) El esqueleto es el conjunto de huesos, y por lo tanto es exclusivo de los vertebrados. Esta visión es la más antropocéntrica y aparece en libros del segundo ciclo de primaria.
- b) El esqueleto es el soporte corporal que participa en la locomoción. Esta concepción también parte de un antropocentrismo que diferencia a los vertebrados del resto de los animales por poseer un esqueleto interno que participa en el movimiento. Aparece en algunos textos del primer ciclo de secundaria (19-162).
- c) El esqueleto es el soporte corporal, que puede ser interno o externo. Los vertebrados son los únicos animales con esqueleto interno. Es la visión más común en los textos de primaria y secundaria (2-64; 4-163; 6-76; 19-162; 23-185). Sin embargo, aunque esta noción es más amplia, se mantiene aún la relación esqueleto externo - invertebrado, esqueleto interno – vertebrado; relación falsa pues muchos vertebrados tienen tanto endoesqueleto como exoesqueleto (tortugas, armadillos, numerosos peces).

Los zoólogos profesionales consideran que el esqueleto se encuentra tanto en vertebrados como en invertebrados, en ambos casos puede ser interno o externo y no necesariamente tiene que intervenir en la locomoción de los animales invertebrados (Ruppert y Barnes, 1996). Por tanto esta concepción de esqueleto no coincide con ninguna de las acepciones que al término esqueleto se le da en los textos de estudio.

3.3.2 Concepciones en Ecología

Los textos suelen basar el estudio de los ecosistemas en el uso de las cadenas alimentarias (García y Rivero, 1996) y en su tratamiento podemos encontrar algunas simplificaciones y errores. Así, en un texto se plantea que “ *en una cadena alimentaria hay dos tipos de seres vivos: los organismos productores y los organismos consumidores*” (13-60). En realidad en una cadena alimentaria los organismos que no pueden faltar son los productores y los descomponedores, en cambio los consumidores son prescindibles o no esenciales.

La definición y conceptualización de organismos descomponedores resulta a veces difícil de entender para los alumnos, y la redacción de algunos libros puede dificultar esta

comprensión. Por ejemplo, en textos revisados se explica: *“existe un cierto grupo de seres vivos: los descomponedores, que se alimentan de los restos de animales y vegetales”* (7-103). Definidos los descomponedores de esta manera, fácilmente el alumno puede asociarlos con los animales carroñeros, como las hienas o los insectos que viven sobre cadáveres, que son un tipo de consumidores, llamados recuperadores. En otro texto esto se explica claramente: *“los hongos y bacterias, a diferencia de los animales que se alimentan de restos, son capaces de descomponer las sustancias orgánicas a sales minerales. Estas sales serán después aprovechadas por las plantas. Por eso, los hongos y bacterias reciben el nombre de organismos descomponedores”* (27-86). Sin embargo, en un resumen de la misma página, se agrega: *“los animales, hongos y bacterias que se alimentan de restos animales y vegetales realizan una tarea de gran importancia en el bosque, ayudan a transformar las sustancias para que puedan ser utilizadas de nuevo por los vegetales”*, incluyéndose a los animales, que en el texto del cuerpo se habían mantenido claramente aparte. Del mismo modo, en otro texto se lee: *“las sustancias de desecho de todos los seres vivos sirven de alimento a los descomponedores. Las moscas y los escarabajos se alimentan de excrementos y restos de seres vivos. Los hongos y las bacterias son capaces de descomponer los restos de seres vivos en sales minerales, utilizados posteriormente por los vegetales”* (10-60). La intercalación de una frase referente a moscas y escarabajos, que son recuperadores y no descomponedores, lleva fácilmente a confusión.

Un concepto de la ecología sobre el cual tampoco hay claridad en su definición y extensión es *“medio”*. Algunos libros de texto consideran tres medios en la Tierra: *“Existen principalmente tres tipos de medios donde se encuentran los seres vivos: el medio acuático, el medio terrestre y el medio aéreo”* (32-41); *”y es posible encontrarlos en todos los medios: acuático, terrestre y aéreo”* (16-124). Esta clasificación se realiza influida por el estudio posterior de las adaptaciones locomotoras de los vertebrados: nadadores, reptadores, marchadores y voladores. Dicho tratamiento coincide con las ideas expresadas por los alumnos de que el medio es una respuesta a las necesidades de los seres vivos (Astolfi, 1987).

3.3.3 Concepciones en Evolución

Las concepciones del alumnado en el campo de la evolución han sido ampliamente estudiadas (Grau, 1993). La concepción más común es la creencia en la herencia de los caracteres adquiridos o explicación lamarquista. Incluso en textos de cuarto curso de ESO

podemos encontrar enunciados que pueden interpretarse en tal sentido, así: “*para tomar el oxígeno disuelto en el agua, los animales acuáticos desarrollaron unos filtros llamados branquias*” (35-15). Las explicaciones de tipo lamarquiano son muy resistentes al cambio incluso tras la enseñanza escolar, siendo usual que los alumnos, en sus explicaciones, confundan “estar adaptado” y “adaptarse” (Jiménez, 1991).

Estar adaptado al vuelo, por ejemplo, (o las adaptaciones al vuelo) incluye una serie de características (poseer alas, plumas, esqueleto ligero, etc.) definitivas y que se conocen como adaptaciones genéticas o evolutivas, llamadas también adaptatividad. En los textos no siempre se hace una distinción clara con las adaptaciones fisiológicas, también llamada adaptabilidad, que son transitorias (el cambio en la pigmentación de la piel al exponerse al sol, por ejemplo). Las adaptaciones fisiológicas individuales, conocidas y experimentadas por todos, pueden estar en la base de las explicaciones lamarquistas. La herencia de los caracteres adquiridos supone que los cambios somáticos se transmitan a la descendencia y se conviertan en adaptaciones evolutivas.

En realidad, el término adaptación es uno de los mejores ejemplos de “pseudosaber”, en el sentido de Giordan y de Vecchi (1988), es decir una palabra con connotaciones subjetivas de eficacia, términos memorizados que se aplican ubicuamente pero sin comprensión real de su significado. De la Gándara y Gil (1995) han revisado la transposición didáctica que se realiza del término “adaptación” en seis textos de secundaria (cinco de los cuales se incluyen en nuestro trabajo) y ponen de manifiesto problemas similares a los que hemos comentado en este trabajo; a saber, uso de sinónimos que confunden, antropocentrismo, explicaciones teleológicas, etc.

La adecuada comprensión de las adaptaciones evolutivas, en el sentido darwiniano, requieren un cierto conocimiento de conceptos de genética, cuya enseñanza también plantea numerosos problemas (Bugallo, 1995). No es nuestro objetivo discutir las complejas imbricaciones de la enseñanza de la genética y la evolución (ver Jiménez, 1991) pero sí deseamos comentar como otra idea de Lamarck sigue muy presente en los textos actuales.

Para Lamarck la evolución estaba vinculada a dos ideas que venían de muy lejos: la “scala naturae” (la noción de una mera sucesión de organismos sucesivamente superiores, a través del tiempo) y la herencia de caracteres adquiridos. Desde Aristóteles y durante toda la historia del pensamiento biológico ha perdurado la idea de la existencia de una serie de

formas encadenadas desde lo más imperfecto a lo más perfecto (“Escala de la naturaleza” o “gran cadena de la existencia”). La teoría evolutiva rechaza la idea de progreso evolutivo, y el propio Darwin, en su ejemplar del libro “Vestiges of the Natural History of Creation” de Robert Chambers, escribió con lápiz la nota “ *jamás uses las palabras superior e inferior*” (Bowler, 1995).

Sin embargo el carácter antropocéntrico de los términos “organismos más evolucionados o superiores” es tan fuerte que, al igual que los estudiantes los usan en sus explicaciones, los podemos hallar de formas diversas en numerosos textos:

- “*Parece evidente que con los mamíferos culmina la evolución zoológica. Si tenemos en cuenta a los insectos, se podría discrepar de esta opinión; pero no cabe duda que ocupamos el rango más alto dentro de los animales*” (21-234);
- “*Los ordenaremos según su grado de evolución y la antigüedad de cada grupo.*”..(23-180);
- “*En los vegetales y animales más evolucionados*” (29-21);
- “*..y esto es aplicable tanto a los más primitivos, como a nosotros los hombres, animales más evolucionados, y que actualmente estamos dominando la Biosfera*” (30-40);
- “*Estos animales más evolucionados son las Aves y los Mamíferos*” (30-92).

Al explicar la evolución del grupo de los homínidos, encontramos también una fuerte tendencia antropocéntrica y teleológica, influida por la creencia de la supuesta predestinación del hombre actual como producto final de la evolución. En muchos textos se insiste en secuencia lineales y únicas del tipo: *Australopithecus* - *Homo habilis* - *Homo erectus* y de aquí *Homo sapiens* (actual) y hombre de Neanderthal , o similares (28-42; 31-151; 34-107). No puede asegurarse que estas secuencias sean correctas y los paleoantropólogos admiten que muchas de las especies de homínidos aceptadas tradicionalmente corresponden en realidad a varias especies contemporáneas (Wood, 1994).

Las concepciones antropocéntricas se manifiestan también en frases como: “*el hombre es el único animal que posee un lenguaje*” (11-6). Para destacar las características particulares del lenguaje humano, frente a otros lenguajes animales, es preferible hacerlo como en otro texto: “*la especie humana es la única que posee un lenguaje simbólico*”

formado por sonidos complejos y articulados. Estos sonidos son posibles gracias a la complejidad de los órganos del habla y del cerebro” (28-41).

3.4 El Pensamiento teleológico

En diferentes momentos de este trabajo nos hemos referido al pensamiento teleológico y antropocéntrico. La explicación teleológica puede considerarse como un caso especial de antropocentrismo, ya que con ella explicamos los fenómenos naturales en términos de propósitos o intenciones que es el modo en que vemos los comportamientos humanos. En la tabla 2 podemos encontrar otros ejemplos de explicaciones teleológicas halladas en los textos revisados. En la explicación de los fenómenos biológicos es usual que los alumnos utilicen el pensamiento teleológico como una forma de explicación causal. Esta explicación supone que las consecuencias de un hecho son razón suficiente para explicarlo, y, habitualmente, se liga a una causalidad intencional y antropomórfica.

Esta forma de pensamiento ha sido un muy común en la historia de la biología, incluso con la creencia de que todo lo creado por Dios debía tener un propósito. Para los más jóvenes, las formulaciones teleológicas, ligadas a su pensamiento vitalista, han demostrado tener un alto valor pedagógico para comprender y organizar los fenómenos naturales. En edades más avanzadas, los estudiantes declaran comprender las diferencias entre las explicaciones causales y las explicaciones finalistas, pero indican usarlas por comodidad o como una forma habitual de hablar o expresarse (Tamir y Zohar, 1991).

TABLA 2. Explicaciones teleológicas

Contenido	Cita del texto	Texto
Sistema Circulatorio	<i>“El corazón es un órgano cuya misión es impulsar la sangre a través de los vasos, por lo cual se contrae y...”</i>	30-52
Aparato Urinario	<i>“Para que la orina no salga continuamente, existe un músculo llamado esfínter, que cierra la vejiga”</i>	8-166

Biología Celular	<i>“Cada una de las partes de la célula tiene asignada una función determinada”</i>	30-47
Histología	<i>“Las células epiteliales, que son las que tienen la misión de tapizar o recubrir, presentan formas...” “Conjuntivo, cuya misión es rellenar espacios,...”</i>	18-53, 18-59
	<i>“En los vertebrados, con objeto de aumentar la capacidad de transporte de oxígeno, las células sanguíneas presentan hemoglobina”</i>	25-15
Reproducción	<i>“El huevo es un excelente ejemplo de la sabiduría que la naturaleza emplea al diseñar los objetos”</i>	18-135
Concepto de ser vivo	<i>“Todas estas funciones varían en su forma y complejidad según sean los seres vivos, pero esencialmente buscan siempre el mismo fin”</i>	22-181
Desarrollo vegetal	<i>“Una semilla se encuentra en estado latente cuando no germina, esperando que las condiciones del medio mejoren”</i>	14-44
Organos de los sentidos	<i>“La pupila controla la cantidad de luz que entra en el ojo para que no se dañe la retina”</i>	25-45
	<i>“La cornea es transparente para permitir la entrada de la luz”.</i>	7-9
	<i>“Para protegerse, la piel fabrica un pigmento llamado melanina”</i>	7-14

4. CONCLUSIONES.

En el análisis realizado a los libros de texto hemos puesto de manifiesto ciertas semejanzas entre sus contenidos y las concepciones previas de los alumnos a los que se dirigen dichos textos. Esta concordancia puede dificultar un aprendizaje significativo de las ciencias de la vida. Sin caer en extremos descalificadores, es obvio que no se pueden sacralizar todos los contenidos científicos que presentan los textos de estudio. Quisiéramos realizar algunas sugerencias a la luz de los resultados presentados.

1. El lenguaje y sus significados son intermediarios culturales fundamentales y, como tales, deben ser objeto de especial atención durante el proceso de enseñanza de las ciencias. Con ello se mejorará la interpretación y comprensión del lenguaje científico, valgan los ejemplos de generalizaciones excesivas y otros usos poco correctos que hemos señalado. El profesorado de ciencias debe asumir que en todas las etapas, y particularmente en las enseñanzas obligatorias, también es un profesor de lengua (Serra y Caballer, 1997), siendo esencial su papel como guía en el uso de la terminología científica.

La riqueza y variedad de las formas vivas y la complejidad de los fenómenos biológicos aconsejan matizar y utilizar, de forma adecuada, palabras como “siempre”, “nunca”, “generalmente”, “a menudo”, “salvo excepciones”. De acuerdo con De la Gándara y Gil (1995) sería preferible evitar términos retóricos o metafóricos, así como las ambigüedades (o mensajes ambiguos), las tautologías y contradicciones (o mensajes vacíos y distractores) y fijar claramente el significado de los sinónimos que se utilizan.

2. Los ejemplos de polisemia en la ciencia oficial pueden ser aprovechados y no sólo evitados por temor a crear confusión en el alumno. En el segundo ciclo de ESO podría ser útil que el alumno trabajase con materiales recogidos de diversas fuentes y comprobase que ciertos conceptos (simbiosis, especie...) no tienen ni aceptación ni significado único en la comunidad científica. Con ello se mostraría la ciencia como una actividad de búsqueda permanente y no como una verdad única y cerrada, concepción común entre los estudiantes (Pozo y Gómez, 1998).

3. En relación con ciertas concepciones previas, y más allá de algunas concepciones erróneas compartidos por textos y estudiantes, hemos encontrado que los textos presentan problemas de transposición didáctica y de secuenciación de contenidos, problemas que

pueden dificultar el aprendizaje de los estudiantes. Así, la enseñanza de la ecología está muy centrada, desde la enseñanza primaria, en las relaciones alimentarias, lo que puede dificultar con posterioridad la comprensión del papel de los microorganismos como descomponedores. Con ello, además, se refuerza la visión lineal de dichas relaciones alimentarias. El problema de la transposición didáctica en las nociones de evolución es particularmente complejo (Jiménez, 1991; Grau, 1993; De la Gándara y Gil, 1995). Junto a la necesidad de conocer ciertos elementos de genética, confluyen algunos de los problemas de lenguaje y de pensamiento teleológico que hemos citado. Quizás no sea tan importante saber qué es la adaptación como conocer cómo ocurre la misma. Por su especial complejidad, el profesorado debe poner especial atención en el lenguaje, los materiales y las estrategias metodológicas que utiliza en la enseñanza de estos contenidos.

4. Las ideas vitalistas de Aristóteles han tenido vigencia durante muchos siglos. Igualmente el pensamiento de Lamarck reaparece periódicamente en ciertos campos de la biología (Danchin, 1981; Tamayo y Troncoso, 1998). En ambos casos subyace el pensamiento teleológico, tan común en las explicaciones de nuestros alumnos. Las explicaciones finalistas, tan arraigadas, comparten las características de las concepciones espontáneas (Pozo, 1987) y por ello no es sorprendente que se infiltren en los textos. El profesor de biología debe tener presente esta fuerte tendencia de sus alumnos. También debe conocer las semejanzas que la investigación didáctica ha puesto de manifiesto entre la historia de los conocimientos biológicos y las preconcepciones de los estudiantes. Muchos profesores de enseñanza media carecen, en su formación inicial como licenciados, de cualquier visión histórica de las disciplinas científicas que luego deben enseñar en los niveles obligatorios. Incluso, lo cual es más grave, y por razones muy diversas, se les hurta de tales consideraciones básicas en su formación didáctica posterior.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, J.P. (1987). Milieu. *Aster* 3: 73-110.

BERZAL, M. y BARBERA, O. (1993). Ideas sobre el concepto biológico de población. *Enseñanza de las Ciencias* 11:149-159.

- BOWLER, P.J. (1995). *Charles Darwin, el hombre y su influencia*. Alianza. Madrid.
- BRAUND, M. (1998). Trends in children's concepts of vertebrate and invertebrate. *Journal of Biological Education* 32: 112-118.
- BUGALLO, A. (1995). La didáctica de la Genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias* 13: 379-385.
- CHO, H.H.; KAHLE, J. y NORDLAND, F. (1985). An investigation of high school biology textbooks as source of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education* 69: 707-719.
- CUBERO, R. (1998). Aprendizaje de la digestión en la enseñanza primaria. *Alambique* 16: 33-43.
- DANCHIN, A. (1981). Una revolución lamarquiana en inmunología. *Mundo Científico*, 1: 68-69.
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P., y WOOD-ROBINSON, V. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria*. Visor. Madrid
- DE LA GANDARA, M. y GIL, M.J. (1995). El lenguaje oculto en los libros de texto: el caso de la adaptación de los seres vivos. *Aula* 43: 35-39.
- DE MANUEL, J. y GRAU, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique* 7: 53-63.
- ERESHEFSKY, M. (1992). *The units of evolution. Essays on the nature of species*. MIT Press Cambridge. Massachusetts.
- GARCIA, J.E. y RIVERO, A. (1996). La transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo en el caso de la construcción de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela* 28: 23-36.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Diada. Sevilla
- GRAU, R. (1993). Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias* 11: 87-89.
- JIMÉNEZ, M.P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias* 9: 248-256.
- LAPEDES, D.N. (1990). *Diccionario de Ciencias McGraw-Hill*. Akal. Madrid.
- MILLS, G.C. (1993). Origin of life and evolution in biology textbooks. A critique. *American Biology Teacher*, 55: 78-83.

- NUÑEZ, F. y BANET, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias* 14: 261-278.
- ODOM, A.L. (1993). Action potentials and biology textbooks: accurate, misconceptions or avoidance?. *American Biology Teacher*, 55: 468-472.
- ODUM, E.P. (1985). *Fundamentos de Ecología*. Interamericana. México DF.
- PEARSON, S.T. y HUGHES, W.J. (1988). Problems with the use of terminology in genetics education: a literature review and classification scheme. *Journal of Biological Education*, 22: 178-182.
- PEREZ DE EULATE, L. y LLORENTE, E. (1998). Las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de la biología. *Alambique* 16: 45-53.
- POZO, J.I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Visor. Madrid.
- POZO, J.I. y GOMEZ, M.A. *Aprender y enseñar ciencia*. (1998). Morata. Madrid.
- REID, D. (1990). The role of pictures in learning biology. *Journal of Biological Education*, 24: 251-258.
- RUPPERT, E. y BARNES, R. (1996). *Zoología de invertebrados* 6ed. Interamericana. Mexico DF.
- SERRA, R. y CABALLER, M.J. (1997). El profesor de ciencias también es profesor de lengua. *Alambique*, 12: 43-49.
- SERRANO, T. (1987). Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias* 5: 181-188.
- TAMAYO, M. y GONZALEZ, F. (1998). Análisis de los contenidos biológicos en libros de texto de enseñanza primaria y secundaria. *Revista de Educación de la Universidad de Granada* 11: 175-191.
- TAMAYO, M. y TRONCOSO, A. (1998). Partidarios de Darwin...pensando como Lamarck. En *Viva la Ciencia*. Universidad de Talca. Talca. pp.165-176.
- TAMIR, P. y ZOHAR, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75: 57-67.
- WOOD, B. (1994). The oldest hominid yet. *Nature* 371: 280-281.