

# procesamiento de la información en la comprensión de textos científicos

VICENTE SANJOSÉ, JUAN-JOSÉ FERNÁNDEZ  
Y EDUARDO VIDAL-ABARCA  
*Universidad de Valencia*



## *Resumen*

*Se pretendió probar que algunos obstáculos en la comprensión de las ciencias no están causados por esquemas conceptuales alternativos, sino por deficiencias en los niveles de comprensión lectora y de control de la propia comprensión de los estudiantes. Se midieron esos niveles y se controlaron las ideas alternativas en dos muestras de estudiantes de 4º de ESO. Los alumnos leyeron un texto experimental sobre Evolución de las Especies y respondieron cuestiones consultando el texto a voluntad. Se predijeron diferencias claras en las respuestas según los niveles de comprensión lectora y control de la comprensión, pero no debidas a esquemas conceptuales lamarckianos. Los resultados confirmaron las predicciones.*

*Palabras clave:* Comprensión de la ciencia, control de la comprensión, comprensión lectora, evolución de las especies, ideas alternativas.

## Importance of information processing skills on the comprehension of scientific texts

### *Abstract*

*The aim was to show that some obstacles in the comprehension of scientific theories are not caused by students' alternative conceptions, but by poor students' reading comprehension and comprehension awareness. We measured these levels and also controlled students' alternative ideas in two samples of 10th grade students. Students read an instructional text about Evolutionary theories, and then answered a set of questions—consulting the text when necessary. We predicted clear differences in subjects' answers caused by the subjects' levels of reading comprehension and comprehension awareness, but not by their Lamarckian ideas. The results confirmed our predictions.*

*Keywords:* Science understanding, comprehension awareness, reading comprehension, evolution of the species, misconceptions.

## Introducción

La comprensión del contenido de un texto científico está influenciada por diversas variables entre las que se encuentran el interés, el conocimiento previo del sujeto sobre el tema, el conjunto de destrezas de procesamiento del discurso englobado bajo el término “comprensión lectora” y la destreza metacognitiva de control de la propia comprensión (Otero, 1990).

Hay mucha evidencia empírica de que el interés y el conocimiento previo afectan la comprensión de textos (por ejemplo, McNamara y Kintsch, 1996). Sin embargo, no todos los problemas de comprensión en ciencias tienen como origen la falta de interés o de conocimiento previo (Campanario y Otero, 2000). El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia del nivel de comprensión lectora y del nivel de control de la propia comprensión sobre las dificultades que los estudiantes presentan en la comprensión de textos científicos, controlando la influencia del conocimiento previo.

Se utilizó un texto instruccional sobre las teorías de Evolución de las Especies, a un nivel de Secundaria. Las dificultades en la realización de inferencias parecen ser la causa principal de los problemas de comprensión de las ciencias (Costa, Caldeira, Gallástegui y Otero, 2000; Ishiwa, Otero y Sanjosé, 2009). Por tanto, la tarea para evaluar la comprensión del contenido consistió en responder cuestiones inferenciales consultando el texto a voluntad.

### *Importancia de la comprensión lectora y del control de la comprensión en el aprendizaje de textos de ciencias*

Si un alumno posee un bajo nivel de comprensión lectora podría no entender las ideas en las que se basa una teoría científica, no justificar su presencia o no comprender sus implicaciones y aplicaciones. La obvia importancia de la comprensión lectora en el aprendizaje a partir de textos ha sido estudiada repetidamente (por ejemplo, Ozuru, Best, McNamara, 2004; Vidal-Abarca, 1990). Dado que las teorías científicas pretenden describir, explicar y predecir la realidad, la comprensión lectora en ciencias debe englobar la captación del significado del léxico especializado, la realización de inferencias basadas en el conocimiento del sujeto (para integrar las ideas del texto en estructuras explicativas persistentes), la construcción de macroideas (por ejemplo, generalizaciones), y la capacidad para derivar consecuencias lógicas de las ideas explícitas (Martínez, Vidal-Abarca, Sellés, y Gilabert, 2008a).

El control de la propia comprensión permite a los sujetos detectar los obstáculos en el proceso de creación de la representación mental del contenido (Otero, 2002). La importancia de esta destreza metacognitiva ha sido puesta de relieve en el aprendizaje de las ciencias (Otero y Campanario, 1990). Por ejemplo, si un texto presenta dos teorías incompatibles entre sí, un estudiante con mal control de la comprensión podría no detectar su incompatibilidad, asumir que son equivalentes o que cada una de ellas es válida según el caso particular.

En una tarea de responder preguntas consultando el texto, tanto el conocimiento previo como los niveles de comprensión lectora y de control de la comprensión pueden influir en las estrategias empleadas por los sujetos para construir sus respuestas. Por ejemplo, un estudiante puede decidir no consultar el texto y hacer uso de sus ideas previas para responder. En este caso, las destrezas de procesamiento del texto tendrán una influencia pequeña. Pero si se consulta el texto para responder, Ozuru, Best, Bell, Witherspoon y McNamara (2007) probaron que el efecto del conocimiento previo se reduce mucho. En este caso, los niveles de comprensión lectora y de control de la comprensión deben ser los factores importantes para determinar las respuestas de los sujetos (Campanario y Otero, 2000). Cerdán, Gilabert y Vidal-Abarca (2010) y Mañá, Vidal-Abarca, Domínguez, Gil y Cerdán (2009) han encontrado evidencia empírica de que niveles bajos en estas destrezas están asociados con el uso indebido de la estrategia de ‘*matching*’

o *emparejamiento de palabras* que consiste en tomar como referencia palabras 'clave' de la pregunta, buscar esas mismas palabras en el texto y usar las frases donde éstas aparecen para dar la respuesta (Goldman y Duran, 1988). Esta estrategia puede conducir a respuestas erróneas cuando las preguntas requieren de inferencias para su respuesta (no son de respuesta literal).

#### *Conocimiento previo sobre Evolución de las Especies: ideas erróneas frecuentes*

El conocimiento previo es activado en la mayor parte de procesos inferenciales necesarios para construir una representación mental del contenido del texto. Por tanto, es necesario controlar el efecto del conocimiento previo en cualquier tarea para evaluar la comprensión.

El conocimiento previo de los estudiantes en muchos temas de ciencias incluye ideas erróneas que utilizan para describir, explicar y predecir la realidad (Duit, 2006; Pozo, 1996; Wandersee y Mintzes, 1994). En el tema de Evolución de las Especies, la mayoría de esas 'ideas alternativas' se asemejan a las que Lamarck expresó en su teoría evolutiva (Gabriel y Banet, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2002; Samarapungavan y Wiers, 1997) que los científicos actuales consideran errónea. Esas ideas "lamarckianas" son: a) el esfuerzo desarrolla los órganos y la falta de uso los atrofia; b) se evoluciona 'hacia la perfección' (Bishop y Anderson, 1990, Jiménez-Aleixandre, 1989); c) los seres vivos evolucionan porque tienen 'la meta de sobrevivir' (Grau y De Manuel, 2002). Estas ideas son muy resistentes al cambio mediante la instrucción y persisten incluso entre la población culta universitaria no especialista en ciencias (Sanjosé y Fernández-Rivera, 2007).

#### *Hipótesis*

Esperamos que al consultar un texto para responder preguntas inferenciales sobre el contenido, la influencia del conocimiento previo se reduzca y sean los niveles de comprensión lectora y de control de la comprensión los que afecten de forma importante el éxito en esa tarea. En particular, se esperó que bajos niveles de estas destrezas se asociaran con el uso del '*matching*' de forma inapropiada y que ello se manifestara en errores particulares y fácilmente identificables en ciertas preguntas diseñadas *ex profeso*.

Las hipótesis a contrastar fueron las siguientes:

H1: 'Las puntuaciones de comprensión lectora y de control de la comprensión, dadas por los instrumentos de medida usados, influirán significativamente en las puntuaciones de la prueba de respuesta a preguntas'.

H2: 'Los estudiantes con niveles bajos de comprensión lectora y/o de control de la comprensión cometerán significativamente más errores asociados al uso inapropiado de la estrategia de '*matching*' al consultar el texto para responder preguntas'.

H3: 'En las condiciones indicadas, la influencia de las ideas alternativas de los estudiantes sobre los errores asociados al uso del '*matching*' será poco significativa'.

#### **Método**

##### *Muestra*

Participaron un total de 82 estudiantes de 4º de ESO de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 15 y 16 años y pertenecientes a tres centros de Enseñanza Secundaria de la provincia de Valencia de nivel socio-económico medio. Diferentes grupos naturales de estudiantes constituyeron dos muestras, cada una de las cuales participó en una fase diferente del experimento. La fase 1 ( $N = 52$ ) sirvió para poner a punto los materiales y validarlos para los fines perseguidos. Otros alumnos intervinieron en la fase segunda ( $N = 30$ ). Todos los sujetos estudiaron el tema de Evolución biológica en cursos anteriores. Se trató de muestras disponibles para la realización del experimento por lo que la validez externa no está garantizada.

### Diseño y variables

Se trató de un estudio exploratorio. Se obtuvieron medidas para las siguientes variables independientes: nivel de Comprensión Lectora, nivel de Control de la Comprensión, nivel de Conocimiento Previo y grado de arraigo de las Ideas Lamarckianas. Las variables dependientes fueron las puntuaciones de las respuestas a las preguntas de Comprensión y el número de Errores cometidos debido al uso incorrecto de la estrategia de 'matching'.

### Materiales y medidas

El material instruccional utilizado en este experimento fue un texto experimental sobre "*La Evolución de las Especies*" (Apéndice B). Contení 555 palabras y en él aparecían 40 ideas-unidad diferentes. Se dividió en dos grandes secciones dedicadas a las teorías de Lamarck y Darwin, en ese orden. Se mostró en una página din-A4.

Además se emplearon los siguientes instrumentos:

1) Prueba de Conocimiento Previo (Apéndice A).- Consistió en 10 ítems de respuesta múltiple –tres opciones pero sólo una correcta– diseñada *ad hoc* sobre tres aspectos diferentes: a) Existencia de la evolución y sus efectos (2 preguntas); b) Ideas lamarckianas versus ideas darvinistas (4 preguntas); c) Conocimiento de las teorías de Lamarck y Darwin (4 preguntas). Las preguntas fueron similares a las usadas en la literatura especializada (Bishop y Anderson, 1990; Clough y Wood-Robinson, 1985). Se puntuó cada pregunta como 0/1 puntos y no se consideró el papel del azar a la hora de calcular la puntuación global de la prueba.

En cuatro de las diez preguntas del test, las tres opciones de respuesta ofrecieron una explicación darvinista (correcta) y otra lamarckiana. El nivel de 'arraigo de las ideas lamarckianas' se definió de un modo simple como alto/bajo según la consistencia en elegir la opción lamarckiana en esas 4 preguntas. Entre 0 y 2 respuestas lamarckianas se consideró un nivel de arraigo bajo; entre 3 y 4 respuestas lamarckianas, un nivel de arraigo alto.

2) Prueba de Comprensión Lectora.- Se utilizó el Test de Procesos de Comprensión (TPC; Martínez, Vidal-Abarca, Sellés y Gilabert, 2008a y b). Está compuesto de 2 textos expositivos y de un total de 20 preguntas literales e inferenciales de diversa tipología. Cada respuesta se puntúa con 0/1 con lo que la puntuación máxima posible en el test es de 20 puntos.

3) Test de Control de la Comprensión.- Se utilizó un instrumento elaborado y validado por Otero, Campanario y Hopkins (1992) que consta de 6 textos expositivos de 6 frases cada uno, sobre diversos temas. En los textos nº 2, 3, 5 y 6 la segunda frase y la última afirman exactamente lo contrario. Los textos nº 1 y nº 4 no presentan ninguna contradicción. Los sujetos deben puntuar la comprensibilidad de cada texto y, en su caso, señalar las contradicciones (detección) y explicar cuál fue su reacción ante ellas si la hubo (regulación). En función del resultado en detección y en regulación, la puntuación es diferente y varía entre 0 y 9 puntos. El instrumento permite diferenciar entre sujetos que no detectan las contradicciones en la mayoría de los textos (nivel bajo de control de la comprensión), las detectan pero sin regulación o con regulación inadecuada (nivel medio), o las detectan y muestran una regulación aceptable (nivel alto).

4) Prueba de Resolución de Cuestiones para evaluar la comprensión (Apéndice B).- En ambas fases del estudio se emplearon 3 tipos de preguntas que denominamos 'literales', 'inferenciales-diana' e 'inferenciales-directas', todas ellas de respuesta abierta.

Las dos preguntas literales tuvieron como objetivo detectar sujetos no adecuados para el experimento (con deficiencias graves en la comprensión de la información, desinterés, etcétera).

Las dos 'preguntas-diana' se diseñaron coordinadamente con el texto para identificar fácilmente los sujetos que emplearan la estrategia de 'matching' para responder (ver Tabla I).

TABLA I  
Frase común para una pregunta-diana y un fragmento no pertinente del texto (ver subrayados)

Fragmento del texto	Ejemplo de Pregunta (Pregunta diana 1).
<p>La primera teoría de evolución la formuló Lamarck en 1800. Con el fin de explicar por qué <u>algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas</u>, Lamarck ordenó linealmente los animales desde los más simples (bacterias, gusanos e insectos) hasta los más complejos y perfectos (mamíferos y humanos). Concluyó que algunos animales evolucionan hacia la complejidad porque llevan en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección.</p>	<p>Explica correctamente y con claridad, <u>por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas</u>.</p>

Si un estudiante empleara el emparejamiento de palabras para responder, procesaría los segmentos de información del texto que contienen frases idénticas a las de los enunciados de las preguntas diana y las respuestas serían fácilmente identificables (los fragmentos del texto pertinentes para elaborar la respuesta correcta a partir de las ideas de Darwin, no contienen palabras idénticas a las del enunciado de estas preguntas). En el caso de la pregunta 'diana-2' mostrada en la tabla I, la respuesta esperada dada por esos estudiantes es la frase del texto: "*Algunos animales evolucionan hacia la complejidad porque llevan en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección*". También esperamos que los sujetos con altos niveles de control de la comprensión y de comprensión lectora siguieran un proceso mental similar al recogido en la tabla II.

TABLA II  
Simulación del proceso inferencial seguido para dar respuesta a una pregunta. En negrita, los conceptos presentes en el texto implicados en cada inferencia; subrayados, los conceptos de una idea que originan procesos subsiguientes

Pregunta Diana 1: *Explica correctamente y con claridad, por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas.*

Respuesta correcta tipo: *Porque en algunas formas de vida la acumulación de estructuras anatómicas nuevas ha proporcionado una ventaja para la supervivencia.*

Simulación del proceso inferencial	Ideas del texto que el alumno puede procesar
<b>Inferencia inicial</b>	
<p>"Explica correctamente...". Usar las ideas de Darwin y no las de Lamarck</p>	<p>(Párrafo 6. Frase 1). <i>La teoría admitida como correcta por los científicos es la de "Selección Natural" y la <u>propuso Darwin a mediados del siglo XIX.</u></i></p>
<b>Inferencias elaborativas</b>	
<p>"(...) <u>más complejas</u>" à más órganos en los cuerpos = <b>más estructuras anatómicas</b></p>	<p>(Párrafo 6. Frase 9). <i><u>Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas.</u></i></p>
<p>¿Qué se acumula?</p>	<p>(Párrafo 6. Frase 8). <i><u>Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies.</u></i></p>
<p>¿Beneficiosos (= Ventajosos) para qué?</p>	<p>(Párrafo 6. Frase 5). <i>Los individuos con <b>ventaja</b> (...) <u>sobreviven más tiempo</u> y se reproducen más que los demás por término medio.</i></p>
<b>Inferencia final</b>	
<p>En muchos casos, acumular nuevas estructuras anatómicas ha sido una ventaja para sobrevivir.</p>	

Las preguntas inferenciales directas fueron preguntas cuya respuesta implicó únicamente la activación y aplicación de un esquema explicativo a un ejemplo similar a los estudiados antes. En caso de no consultar el texto para responder, los esquemas lamarckianos de los estudiantes podrían condicionar la respuesta en estas preguntas.

En la fase 1 del experimento se ensayaron ocho preguntas diferentes (Apéndice B), repartidas en dos cuestionarios distintos (A y B). Cada estudiante respondió un solo cuestionario ( $N_A = 28$ ;  $N_B = 24$ ). A partir de los resultados obtenidos en cada pregunta, se confeccionó un tercer Cuestionario para la fase 2 (ver Apéndice B).

Cada una de las preguntas se puntuó entre 0 y 1 punto. Para valorar el acuerdo en los criterios de corrección, se consideraron niveles de puntuación bajo (menor o igual a 0,25 puntos), medio (mayor de 0,25 y menor de 0,75 puntos) o alto (mayor o igual a 0,75 puntos). Se tomó una muestra aleatoria de 30 preguntas inferenciales. Así, coeficiente *kappa* fue superior a 0,8 en ambas fases. Las discrepancias se resolvieron por común acuerdo.

### *Procedimiento*

En ambas fases del estudio, se dedicó una primera sesión para que los sujetos cumplieran los test de comprensión lectora y control de la comprensión (50 min). En la segunda sesión los estudiantes contestaron el test de conocimiento previo (15 min) y luego se les entregó el texto junto con las preguntas de comprensión. Las instrucciones fueron leer el texto completo antes de contestar las preguntas, y luego consultar el texto a voluntad para responderlas. En la fase 1 el tiempo máximo empleado por los estudiantes en leer el texto y contestar las preguntas rebasó en muchos casos 45 min. Por esa razón, en la fase 2 se redujo la cantidad de preguntas de 5 a 4. En esta fase 2, el tiempo para leer y contestar no excedió 30 minutos.

## **Resultados**

### *Conocimiento previo e ideas alternativas lamarckianas*

El promedio en ambas fases fue muy similar (entre paréntesis la desviación típica): 3,6 (1,4) y 3,9 (1,4) puntos sobre 10, respectivamente, lo que muestra un escaso conocimiento general sobre las teorías de evolución biológica. El porcentaje de alumnos con un alto arraigo de ideas lamarckianas fue elevado: 74% en la fase 1 y de 77% en la fase 2, lo que apoyó la necesidad de controlar esta variable en el estudio.

### *Comprensión lectora y control de la comprensión*

El nivel medio de comprensión lectora fue también muy similar en ambas fases: 13,75 (4,21) y 14,46 (3,29) sobre un máximo de 20, valores cercanos al centil 30 según el instrumento en ese nivel educativo.

En cuanto al Control de la Comprensión, el valor medio fue realmente bajo y con una gran dispersión: 2,12 (2,57) puntos en la fase 1 y 2,58 (2,59) puntos en la fase 2, sobre un máximo de 9. El porcentaje de sujetos incapaces de detectar contradicciones explícitas en ninguno de los textos del instrumento fue de 59,6% en fase 1 y 50,0% en la fase 2.

### *Puntuaciones en las pruebas de respuesta a preguntas*

La tabla III recoge las puntuaciones de las preguntas en las dos fases del estudio. En las preguntas literales se obtuvieron puntuaciones altas en ambas fases; algunos estudiantes respondieron de forma incompleta, pero ninguno respondió de forma errónea.

La tabla IV muestra la correlación entre las variables independientes y las puntuaciones en cada pregunta y en cada cuestionario.

Fase 1.- Para contrastar la hipótesis H1 se estudió la correlación entre la puntuación total del cuestionario A con las puntuaciones de comprensión lectora y de control de la

TABLA III  
Promedios (y Desviaciones Típicas) en cada pregunta y en el conjunto de las pruebas de comprensión en ambas fases del estudio

Preguntas	Lit 1	Lit 2	Diana 1	Diana 2	Inferen. Directa Lamack 1	Inferen. Directa Lamarck 2	Inferen. Directa Darwin 1	Inferen. Directa Darwin 2	Inferen. Directa Darwin 3	
Cuestionarios										Total
Fase1 CuesA	0,85 (0,36)	0,82 (0,31)	—	0,30 (0,40)	0,34 (0,35)	0,48 (0,28)	—	—	—	2,79 (0,94)
Fase 1 CuesB	0,87 (0,30)	0,83 (0,35)	0,18 (0,34)	—	—	—	0,02 (0,02)	0,16 (0,33)	—	2,06 (0,97)
Fase 2	—	0,81 (0,27)	0,13 (0,30)	0,46 (0,43)	—	—	—	—	0,53 (0,39)	1,93 (0,97)

comprensión. Ambas correlacionaron significativamente. Para estimar la capacidad explicativa de estas dos puntuaciones se realizó un ajuste lineal. Únicamente el control de la comprensión resultó significativo sobre la puntuación total (debido a la colinealidad), explicando el 26,5% de la varianza. Añadir la puntuación de comprensión lectora elevó la varianza explicada hasta el 28,6%. En el caso del cuestionario B, la puntuación total sólo correlacionó con la puntuación de comprensión lectora que explicó un 63% de la varianza.

En ninguno de los dos cuestionarios la puntuación de conocimiento previo correlacionó significativamente con las puntuaciones totales. Tampoco lo hizo la variable dada por el número de opciones lamarckianas escogidas en el test de conocimiento previo.

En cada cuestionario A y B de esta fase 1 se incluyó una pregunta diana para evidenciar el uso de estrategias de emparejamiento de palabras. Ambas resultaron equivalentes en dificultad ( $F(1, 49) = 1,250; p = 0,267$ ).

TABLA IV  
Correlación entre las puntuaciones en las variables independientes y las de las preguntas inferenciales, y la puntuación de la prueba completa de comprensión. Coeficientes de Pearson. †:  $p < 0,05$ ; ††:  $p < 0,01$

Variables independientes	Comprensión lectora		Control de la comprensión		Conocimiento previo		Num. opciones lamarckianas escogidas	
	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
Puntuación de Preguntas inferenciales								
Diana 1	0,395*	0,402†	0,267	0,384†	0,167	0,237	-0,116	-0,067
Diana 2	0,287	0,378†	0,444†	0,440†	0,264	0,250	-0,036	-0,124
Lamarck 1	0,173	—	0,263	—	0,153	—	0,065	—
Lamarck 2	0,264	—	0,514††	—	0,404†	—	-0,002	—
Darwin 1**	0,000	—	0,000	—	0,000	—	-0,000	—
Darwin 2	0,441†	—	0,372	—	-0,028	—	-0,009	—
Darwin 3	—	0,454†	—	0,294	—	0,211	—	-0,065
Puntuación Total	A:0,440† B:0,546†	0,497††	A:0,540†† B:0,312	0,460††	A:0,313 B:-0,114	0,336	A: -0,111 B: -0,041	-0,193

(\*) Significación cercana al límite aceptado ( $p = 0,056$ ).

(\*\*) La puntuación media en esta pregunta fue muy baja: 0,02 puntos.

Hubo diferencias claras entre cuestionarios en las preguntas inferenciales directas ( $F(1, 50) = 22,700; p < 0,001; F(1, 50) = 14,242; p < 0,001$ ). Las preguntas 'Darwin 1' y 'Darwin 2' incluidas en el cuestionario B, resultaron muy difíciles, bastante más que las preguntas 'Lamarck 1' y 'Lamarck 2' incluidas en el cuestionario A.

Fase 2.- Para la fase 2 se desecharon las preguntas 'Lamarck 1 y 2', y se diseñó una nueva pregunta inferencial directa ('Darwin 3'), y que las anteriores ('Darwin 1 y 2') resultaron muy difíciles para los estudiantes (ver Apéndice B). De nuevo se estudió la correlación entre la puntuación global de la prueba y las puntuaciones de comprensión lectora y de control de la comprensión. De nuevo las correlaciones fueron significativas. Sin embargo ni la puntuación de conocimiento previo ni el número de respuestas lamarckianas escogidas correlacionaron con la puntuación global del cuestionario. Para explicar la puntuación en el cuestionario en términos de las variables independientes se realizó un ajuste lineal. El mejor ajuste se obtuvo al tomar solamente las puntuaciones de comprensión lectora y de control de la comprensión como variables predictoras ( $F = 7,505; p = 0,03; R^2$  corregida = 0,310). Así, el 31% de la varianza de la puntuación global en la prueba pudo ser explicada por estas dos variables. El efecto de la puntuación en conocimiento previo explicó por sí mismo un 11% de la varianza en esta puntuación global. Añadir esta variable predictora a las dos anteriores no fue significativo y aumentó sólo hasta un 33% la varianza explicada.

En cada una de las preguntas inferenciales diana las puntuaciones de control de la comprensión y de comprensión lectora explicaron conjuntamente un porcentaje importante de la varianza de la puntuación (Tabla IV).

La pregunta 'Darwin 3' resultó de dificultad intermedia y su puntuación sólo correlacionó significativamente con la puntuación en comprensión lectora.

El número de opciones lamarckianas escogidas en el test de conocimiento previo no correlacionó significativamente con ninguna puntuación de las preguntas.

#### *Errores esperados en las preguntas diana*

Las 'preguntas diana' se diseñaron para que un alumno que usara la estrategia de emparejamiento de palabras, diera una respuesta incorrecta fácilmente identificable ('error previsto'; ver Tabla I). Se esperó que bajos niveles en comprensión lectora y/o control de la comprensión se asociaran con el uso de esta estrategia de forma inadecuada.

La tabla V recoge los valores del estadístico  $X^2$  para la asociación entre cometer o no los errores previstos en el diseño, y los niveles de comprensión lectora, de control de la comprensión y también el nivel de arraigo de ideas lamarckianas.

TABLA V

*Estadístico  $X^2$  para las asociaciones entre cometer o no los errores previstos en las preguntas diana, y los niveles de los factores independientes. †:  $p < 0,05$ ; ††:  $p < 0,01$*

	Pregunta diana 1		Pregunta diana 2	
	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
Nivel de arraigo de Ideas Lamarckianas	$X^2 < 1$ $g.l. = 1$	$X^2 < 1$ $g.l. = 1$	$X^2 < 1$ $g.l. = 1$	$X^2 < 1$ $g.l. = 1$
Nivel de Comprensión Lectora	$X^2 < 1$ $g.l. = 1$	$X^2 = 3,474^*$ $g.l. = 1$	$X^2 = 7,666^{††}$ $g.l. = 1$	$X^2 = 3,445^*$ $g.l. = 1$
Nivel de Control de la Comprensión	$X^2 = 6,971^†$ $g.l. = 2$	$X^2 = 9,000^†$ $g.l. = 2$	$X^2 = 6,269^†$ $g.l. = 2$	$X^2 = 7,105^†$ $g.l. = 2$

(\*) Significación cercana al límite aceptado ( $p = 0,062-0,063$ )

Fase 1.- En ambos cuestionarios, el nivel de control de la comprensión se asoció significativamente con cometer o no esos errores; el nivel de comprensión lectora se asoció significativamente sólo en el cuestionario A. Estos resultados parecen apoyar la hipótesis H2. Sin embargo, el grado de arraigo de las ideas lamarckianas no se asoció significativamente con cometer o no los errores esperados por uso del 'matching' ( $X^2 < 1$ ), apoyando la hipótesis H3.

Fase 2.- En ambas preguntas diana, el nivel de comprensión lectora fue alcanzó una significación muy cercana al límite aceptado, mientras el de control de la comprensión se asoció significativamente con cometer o no el error previsto. Estos resultados apoyan también la hipótesis H2. Cometer el error previsto no estuvo asociado con poseer ideas lamarckianas arraigadas o no, ni en la pregunta diana 1 ni en la pregunta diana 2.

## Discusión y conclusiones

En este estudio de dos fases se pretendió cuantificar la influencia de los niveles de comprensión lectora y de control de la comprensión sobre la respuesta a preguntas inferenciales sobre el tema de Evolución de las Especies: La influencia de las ideas erróneas fue controlada de forma independiente. Se utilizó un texto instruccional que los alumnos estudiaron y luego consultaron para responder las preguntas.

La necesidad de tomar en consideración los esquemas explicativos alternativos en este experimento quedó confirmada por el importante porcentaje de estudiantes con ideas erróneas de carácter lamarckiano, de acuerdo con anteriores investigaciones (Bishop y Anderson, 1990; Grau y De Manuel, 2002; Jiménez-Alexandre, 1989; Samarapungayan y Wiers, 1997).

Se predijo que los sujetos con deficiencias en el procesamiento de la información textual deberían obtener puntuaciones más bajas en la prueba de comprensión (hipótesis H1). Esperamos que el uso inapropiado de la estrategia de emparejamiento de palabras se asociara con bajos niveles de esas destrezas (hipótesis H2). Además, dado que se permitió la consulta del texto a voluntad en la tarea, supusimos que la influencia de las ideas lamarckianas sobre el uso inadecuado de la estrategia de 'matching' sería pequeña (hipótesis H3).

En las dos fases de este estudio (validación y confirmación), los resultados se replicaron en su mayoría y apoyaron las hipótesis formuladas.

Nuestros hallazgos siguen la dirección de los de Magliano y colaboradores (Magliano, Trabasso y Graesser, 1999; Todaro, Magliano, Millis, Kurby y McNamara, 2009), según los cuales las destrezas de procesamiento del texto y el conocimiento previo son dos fuentes diferentes para construir inferencias (Best, Rowe, Ozuru y McNamara, 2005).

Hemos logrado una situación experimental en la que los efectos de las ideas alternativas de los estudiantes sobre respuestas inferenciales se han minimizado, y hemos encontrado que esas respuestas sí se han visto claramente afectadas por los niveles de comprensión lectora y de control de la comprensión.

Por supuesto existen tareas de aprendizaje y evaluación de la comprensión en las que las ideas alternativas gobiernan la producción de inferencias y, por tanto, determinan los obstáculos en la comprensión. Este es el caso de la tarea de explicar hechos de la vida diaria, o de resolver pequeños problemas conceptuales sin consultar textos ni otras fuentes documentales, como demuestra la cuantiosa investigación en concepciones alternativas en ciencias (Duit, 2006; Wandersee y Mintzes, 1994).

En nuestras condiciones, el nivel de arraigo de las ideas lamarckianas de los estudiantes no tuvo efectos significativos tampoco sobre las respuestas a las preguntas inferenciales de aplicación directa de un esquema explicativo, en donde sí podía esperarse un efecto. Este resultado podría deberse a dos circunstancias: a) nuestra medida de esta cuali-

dad pudo tener una validez limitada al contar únicamente con 4 preguntas para su valoración; b) la escasa variabilidad de este factor en nuestras muestras.

Otros análisis secundarios procuran datos de interés en nuestro estudio. En la fase 2, el 76,5% de los sujetos que contestaron razonablemente bien la pregunta inferencial directa cometieron los alguno o ambos errores previstos en las preguntas inferenciales diana, atribuibles a déficit en el procesamiento y/o control de la información. Esto muestra que las preguntas que exigen únicamente la activación y aplicación de esquemas explicativos preexistentes a casos particulares, -muy utilizadas para evaluar el aprendizaje en ciencias-, no siempre consiguen detectar los problemas de comprensión del contenido.

Desde luego, dado el carácter exploratorio de este estudio y el pequeño tamaño de las muestras, son necesarias replicaciones posteriores para aceptar las tesis. Si los resultados de este experimento se replicaran en ulteriores estudios, las implicaciones educativas podrían ser interesantes: Habría que conceder mucha más atención al desarrollo de ciertas destrezas de procesamiento, como la comprensión lectora y el control de la propia comprensión (Campanario y Otero, 2000), que juegan un papel decisivo en la comprensión de los textos escolares a través de los cuales se adquiere mucha información.

Muchos de los esfuerzos didácticos puestos en promover el llamado Cambio Conceptual (sustitución de ideas erróneas por las correctas) podrían fracasar por déficit en el desarrollo de destrezas cognitivas y metacognitivas en los estudiantes (Mikkila-Erdmann, 2002). Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) expresaron los requisitos para el Cambio Conceptual: (a) insatisfacción con las ideas propias (erróneas); (b) inteligibilidad de las nuevas ideas enseñadas; (c) plausibilidad de las nuevas ideas; (d) capacidad de las nuevas ideas para explicar más y mejor que las propias. Estos requisitos pueden no darse cuando hay deficiencias en los niveles de comprensión lectora y de control de la comprensión. Si un alumno posee un bajo nivel de comprensión lectora podría no entender la coherencia lógica entre las ideas en las que se basa una teoría científica o no comprender sus implicaciones, haciendo imposibles los requisitos (b), (c) y (d) anteriores.

Cuando los estudiantes tienen deficiencias en controlar su propia comprensión pueden no detectar la incompatibilidad entre algunas de sus ideas previas y las ideas científicas que se les explican; o pueden detectar las contradicciones y, aun así, encontrar el modo de 'reparar' las inconsistencias añadiendo ideas 'ad hoc' (Otero *et al.*, 1992). En esos casos los estudiantes no sentirán insatisfacción con las propias ideas haciendo imposible el requisito (a) del conflicto cognitivo, que parece importante para el Cambio Conceptual (Dreyfus, Jungwirth y Eliovitch, 2006).

Es decir, cuando la información se estudia a través de textos, la falta de niveles adecuados de comprensión lectora o de nivel de la comprensión podría explicar la persistencia de ideas alternativas en los estudiantes. En el futuro próximo se pretende estudiar esta vinculación.

## Referencias

- BEST, R. M., ROWE, M., OZURU, Y. & MCNAMARA, D. S. (2005). Deep-level comprehension of science texts: The role of the reader and the text. *Topics in Language Disorders*, 25, 65-83. Consultado el 1 de marzo de 2010 en: <http://csep.psyc.memphis.edu/pdf/BROM.pdf>
- BISHOP, B. & ANDERSON, C. W. (1990). Student Conceptions of Natural Selection and its role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 415-427.
- CAMPANARIO, J. M. & OTERO, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.
- CERDÁN, R., GILBERT, R. & VIDAL-ABARCA, E. (2010). Estrategias de selección de información en tareas de contestación a preguntas. *Infancia y Aprendizaje*, 33 (4), 449-460.
- COSTA, J., CALDEIRA, M. H., GALLÁSTEGUI, G. & OTERO, J. (2000). An analysis of question asking on scientific texts explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 602-614.
- CLOUGH, E. & WOOD-ROBINSON, C. (1985). How Secondary Students Interpret Instances of Biological Adaptation. *Journal of Biological Education*, 19, 125-130.

- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. & ELIOVITCH, R. (2006). Applying the cognitive conflict strategy for conceptual change: some implications, difficulties, and problems. *Science Education* 74 (5), 555-569.
- DUIT, R. (2006). *Bibliography STCSE-Teachers' and Students' Conceptions and Science Education*. Kiel: IPN-Leibniz Institute for Science Education. Consultado el 26 marzo 2009 en: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- GABRIEL, E. & BANET, E. (2002). Pienso más como Lamarck que como Darwin: comprender la herencia biológica para entender la evolución. *Alambique*, IX (32), 39-47.
- GOLDMAN, S. R. & DURAN, R. P. (1988). Answering questions from Oceanography Texts: Learner, Task and Text Characteristics. *Discourse Processes*, 11, 373-412.
- GRAU, R. & DE MANUEL, J. (2002). Enseñar y aprender evolución: Una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique*, IX (32), 56-64.
- ISHIWA, K., SANJOSÉ, V. & OTERO, J. (2009). *Generation of information seeking questions on scientific texts under different reading goals*. Manuscrito sometido a revisión.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (1989). *Los esquemas conceptuales sobre la Selección Natural: Análisis y propuestas para un cambio conceptual*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2002). Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido el olfato? *Alambique*, IX (32), 48-55.
- MCNAMARA, D. & KINTSCH, W. (1996). Learning from texts: effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22, 247-288.
- MAGLIANO, J. P., TRABASSO, T. & GRAESSER, A. C. (1999). Strategic processing during comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91, 615-629.
- MAÑA, A., VIDAL-ABARCA, E., DOMÍNGUEZ, C., GIL, L. & CERDÁN, R. (2009). Papel de los procesos metacognitivos en una tarea de pregunta-respuesta con textos escritos. *Infancia y Aprendizaje*, 32 (4), 553-565.
- MARTÍNEZ, T., VIDAL-ABARCA, E., SELLES, P. & GILBERT, R. (2008a). *Test de Procesos de Comprensión (TPC). Diagnóstico de procesos y estrategias de comprensión lectora*. Madrid: Instituto Calasanz de Ciencias de la Educación (ICCE).
- MARTÍNEZ, T., VIDAL-ABARCA, E., SELLES, P. & GILBERT, R. (2008b). Evaluación de las estrategias y procesos de comprensión: el Test de Procesos de Comprensión. *Infancia y Aprendizaje*, 31 (3), 319-332.
- MIKKILA-ERDMANN, M. (2002). Science learning through text: The effect of text design and text comprehension skills on conceptual change. En M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 337-356). Dordrecht: Kluwer.
- OTERO, J. (1990). Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 17-22.
- OTERO, J. (2002). Noticing and fixing difficulties in understanding science texts. En J. Otero, J. A. León & A. Graesser (Eds.), *The Psychology of Science Text Comprehension* (pp. 281-307). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- OTERO, J. & CAMPANARIO, J. M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 447-460.
- OTERO, J., CAMPANARIO, J. M. & HOPKINS, K. D. (1992). The relationship between academic achievement and metacognitive comprehension monitoring ability of spanish secondary school Students. *Educational & Psychological Measurement*, 52, 419-430.
- OZURU, Y., BEST, R. & MCNAMARA, D. S. (2004). Contribution of reading skill to learning from expository texts. En K. Forbus, D. Gentner & T. Regier (Eds.), *Proceedings of the 26th Annual Cognitive Science Society* (pp. 1071-1076). Mahwah, NJ: Erlbaum. Consultado el 1 de marzo en: <http://csep.psyc.memphis.edu/pdf/skill.pdf>
- OZURU, Y., BEST, R., BELL, C., WITHERSPOON, A. & MCNAMARA, D. S. (2007). Influence of Question Format and Text Availability on the Assessment of Expository Text Comprehension. *Cognition and Instruction*, 25 (4), 399-438.
- POSNER, F. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. (1982). Acomodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- POZO, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- REEVES, L. M. & WEISBERG, R. W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 115, 381-400.
- SAMARAPUNGAYAN, A. & WIERS, R. (1997). Children's thought on the origin of species. A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21 (2), 147-177.
- SANJOSÉ, V. & FERNÁNDEZ-RIVERA, J. J. (2007). Permanencia de ideas alternativas sobre Evolución de las Especies en la población culta no especializada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 129-149.
- TODARO, S. A., MAGLIANO, J. P., MILLIS, K. K., KURBY, C. A. & MCNAMARA, D. S. (2009). Availability of Information Sources during Reading. Manuscrito sometido a revisión.
- VIDAL-ABARCA, E. (1990). Un programa para la enseñanza de la comprensión de ideas principales de textos expositivos. *Infancia y Aprendizaje*, 49, 53-71.
- WANDERSEE, J. H. & MINTZES, J. J. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching* (pp. 177-210). Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.

## Apéndice A

### Ejemplo de ítems en la prueba de conocimientos previos

- 4.- Los seres vivos pueden llegar a ser muy diferentes de sus antecesores a causa de:
- Cambios genéticos producidos por azar y que suponen ventajas reproductivas en los seres vivos.
  - Los esfuerzos realizados para la supervivencia durante millones de años que transforman mucho los cuerpos de los seres vivos.
  - Únicamente cambios corporales producidos de repente por mutaciones.
- 5.- Según las teorías científicas actuales, las serpientes no tienen patas a diferencia del resto de reptiles porque:
- Ya que necesitaban arrastrarse para obtener sus recursos vitales, no las usaron durante muchas generaciones y las perdieron.
  - Carecer de patas supuso una ventaja para la reproducción en sus hábitats naturales durante muchas generaciones.
  - Los antecesores de las serpientes actuales nunca tuvieron patas porque nunca las necesitaron en sus hábitats.

## Apéndice B

### Texto experimental y preguntas de comprensión

(Las frases comunes en las 'preguntas-diana' 2 y 3 y en el texto están subrayadas)

#### *Las Teorías de la Evolución*

Mediante teorías de Evolución los científicos intentan explicar el origen de todos los seres vivos y el modo en que han ido cambiando con el tiempo, emparentando unos con otros por medio de la herencia de sus características.

La primera teoría de evolución la formuló Lamarck en 1800. Con el fin de explicar por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas, Lamarck ordenó linealmente los animales desde los más simples (bacterias, gusanos e insectos) hasta los más complejos y perfectos (mamíferos y humanos). Concluyó que algunos animales evolucionan hacia la complejidad porque llevan en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección.

Lamarck explicó por qué los seres vivos actuales son diferentes de sus antecesores así: los seres vivos realizan esfuerzos por sobrevivir y esto provoca pequeños cambios corporales que se pueden heredar. El uso continuado de un órgano hace que éste se fortalezca y desarrolle. La falta de uso continuado de un órgano lo debilita y atrofia. Esta clase de cambios corporales los heredan los descendientes y se acumulan de generación en generación haciéndose grandes.

Por ejemplo, los gorilas actuales son diferentes de sus antecesores porque no tienen cola. Al vivir en el suelo ya no usan la cola para sujetarse a los árboles. Por ello se ha ido debilitando (atrofiando) poco a poco. Los pequeños cambios en la cola se heredan y se acumulan durante generaciones: la cola es cada generación más débil y pequeña hasta que, finalmente, desaparece.

Los científicos han abandonado esta teoría por ser errónea.

La teoría admitida como correcta por los científicos es la de "Selección Natural" y la propuso Darwin a mediados del siglo XIX. Darwin descubrió que los individuos de cada grupo nacen por azar con características que los diferencian de los demás (Variabilidad). Estas diferencias se forman en los genes, bien durante la reproducción sexual, o bien, muy raramente, por mutaciones. Algunos cambios genéticos son ventajosos y otros desfavora-

bles. Los individuos con ventaja ganan la competencia por los limitados recursos vitales del medio, sobreviven más tiempo y se reproducen más que los demás, por término medio. Los descendientes heredan la ventaja. Generación tras generación, cada vez hay más individuos con la característica favorable y el resto va desapareciendo. Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies. Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas.

Un ejemplo lo constituyen las garzas que habitan zonas húmedas. La garzas actuales poseen unas patas muy largas que les permiten alimentarse en zonas profundas de las lagunas, pero sus antepasados carecían de éstas. En la población antepasada existía variabilidad en cuanto a la longitud de las patas. Por azar nacieron individuos con pequeñas diferencias en la longitud de las patas: había individuos con patas más largas y otros con patas más cortas. Cuando el alimento escaseó, las garzas que tenían las patas más largas tenían la ventaja de poder alimentarse de partes más profundas de la laguna. Estas garzas, mejor alimentadas que el resto, vivieron más tiempo y dejaron más descendientes que las otras garzas de patas más cortas. Muchos de estos descendientes heredaron las patas largas y también tuvieron ventaja. Este proceso, repetido a lo largo del tiempo, provoca que las garzas actuales tengan las patas muy largas, mientras que el resto, de patas cortas, desapareció poco a poco.

*Preguntas de comprensión, y fases y cuestionarios donde fueron usadas*

Tipo de pregunta	(Fase y Cuestionario). Redacción de la pregunta
Literal 1	(Fase 1 A y B; Fase 2) ¿Qué intentan explicar los científicos con las Teorías de Evolución?
Literal 2	(Fase 1 A y B) ¿Qué quiere decir “Selección Natural”?
Diana 1	(Fase 1 B; Fase 2) Explica correctamente y con claridad, <u>por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas.</u>
Diana 2	(Fase 1 A; Fase 2) Explica correctamente y con claridad, <u>por que los seres vivos actuales son diferentes de sus antecesores.</u>
Lamarck 1	(Fase 1 A) ¿Cómo explicarían los científicos evolucionistas anteriores a Darwin que los delfines y ballenas actuales posean aletas como los peces a diferencia del resto de mamíferos que no viven en entornos naturales no acuáticos?
Lamarck 2	(Fase 1 A) Según Lamarck, ¿por qué los murciélagos habitantes de las cavernas oscuras son casi ciegos?
Darwin 1	(Fase 1 B) ¿Cómo explica hoy la ciencia que las serpientes no tengan patas, a diferencia de la mayoría de reptiles?
Darwin 2	(Fase 1 B) Los zorros polares están bien adaptados a su medio ambiente frío. Por ejemplo, tienen mucho más pelo que otras clases de zorros. Explica correctamente cómo ha podido tener lugar este proceso a partir de antecesores sin estas características.
Darwin 3	(Fase 2) Las gacelas de Thomson, que habitan en África, son cazadas por depredadores como los guepardos. Actualmente las gacelas pueden alcanzar velocidades de 80 km/h, pero los científicos han deducido que sus antepasadas no podían superar los 45 km/h. Según Darwin, ¿por qué las gacelas actuales son más rápidas que sus antepasadas?