

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES
EXPERIMENTALS I SOCIALS

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE BÚSQUEDA DE
INFORMACIÓN TEXTUAL ORIENTADA A LA
RESOLUCIÓN DE CUESTIONES Y SU INFLUENCIA EN LA
COMPRENSIÓN DE LAS CIENCIAS: EL CASO DE LA
EVOLUCIÓN

JUAN JOSÉ FERNÁNDEZ RIVERA

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Servei de Publicacions
2008

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 15 de febrer de 2008 davant un tribunal format per:

- D. José Otero Guitiérrez
- D. José Antonio León Gascón
- D. Agustín Cervantes Madrid
- D^a. M^a José Gil Quilez
- D. Ramiro Gilabert Pérez

Va ser dirigida per:

D. Vicente Sanjosé López

D. Eduardo Vidal-Abarca Gámez

©Copyright: Servei de Publicacions
Juan José Fernández Rivera

Depòsit legal:

I.S.B.N.:978-84-370-7124-4

Edita: Universitat de València

Servei de Publicacions

C/ Artes Gráficas, 13 bajo

46010 València

Spain

Telèfon: 963864115

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS



UNIVERSITAT  VALÈNCIA

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE BÚSQUEDA DE
INFORMACIÓN TEXTUAL ORIENTADA A LA RESOLUCIÓN
DE CUESTIONES Y SU INFLUENCIA EN LA COMPRESIÓN
DE LAS CIENCIAS: EL CASO DE LA EVOLUCIÓN

TESIS DOCTORAL

Presentada por: D. Juan José Fernández Rivera

Directores: Dr. D. Vicente Sanjosé López
Dr. D. Eduardo Vidal-Abarca Gámez

Valencia, 2007

~ I ~

D. VICENTE SANJOSÉ LÓPEZ, Doctor en Ciencias Físicas y Profesor Titular de Universidad del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Universitat de València.

D. EDUARDO VIDAL-ABARCA GÁMEZ, Doctor en Psicología y Catedrático de Universidad del área de Psicología Evolutiva y de la Educación en la Universitat de València.

CERTIFICAN que

La presente memoria titulada “Análisis de los Procesos de Búsqueda de Información Textual Orientada a la Resolución de Cuestiones y su Influencia en la Comprensión de las Ciencias: el caso de la Evolución”, ha sido realizada por D. Juan José Fernández Rivera bajo nuestra dirección, y constituye la Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas.

Para que así conste y en cumplimiento de la legislación vigente, presentamos esta memoria de Tesis Doctoral firmando el presente certificado en Valencia a 23 de Noviembre de 2007.

Fdo. Vicente Sanjosé López

Fdo. Eduardo Vidal-Abarca Gámez

*A Maria,
tú haces que sea posible*

AGRADECIMIENTOS

En el desarrollo de la presente tesis, conforme la investigación se iba realizando, son muchas las personas que han brindado su colaboración y sin cuya ayuda este proyecto no hubiese sido posible. Por ello, quiero dar todo mi aprecio y agradecimiento a todas esas personas.

Al Dr. Vicente Sanjosé quiero agradecer, en primer lugar, por diversas razones personales, el haberme dado la oportunidad de comenzar en este apasionante campo de investigación sobre el que versa esta tesis, haberme acogido en un momento de duda y desorientación. Mi total agradecimiento por su apoyo constante, sus observaciones, cuestionamiento, reflexiones y correcciones que me han hecho progresar y crecer como profesional. Gracias por su paciencia y esfuerzo.

Al Dr. Eduardo Vidal-Abarca, gracias a su interés y colaboración que han permitido llegar a la finalización de este trabajo. Sus orientaciones iniciales, así como la participación en la supervisión de las teorías psicológicas han sido de inestimable ayuda.

Al Departamento de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials, por las atenciones prestadas en todo momento y a lo largo del presente trabajo de investigación y de forma muy especial a su secretaria Desamparados Saurat por la eficacia y amabilidad en el desarrollo de las gestiones pertinentes al caso.

A los profesores de Educación Secundaria, D. Carlos Caurin y D. Vicente Chirivella por su inestimable ayuda y facilidades prestadas en la realización de las pruebas de cada fase experimental.

A los alumnos de Secundaria de los Centros, San José y Santa Ana, Nuestra Señora del Rosario, Sagrada Familia y al IES Ribarroja, por su tiempo y motivación al participar en esta investigación.

A mis hermanas Liliana y Laura, quienes siempre tienen una palabra amable, una sonrisa.

Gracias a mis PADRES a quienes debo la vida y su constante confianza en mis posibilidades. Gracias por estar ahí siempre de manera incondicional, por vuestros consejos y por aguantar lo inaguantable.

No puedo terminar sin agradecer a la persona que está a mi lado, que soporta mis dudas, mis desalientos y ha sido todo para mí. Gracias María Jesús por querer pasar la vida conmigo.

INDICE GENERAL

	<u>Págs.</u>
Introducción.....	11

CAPÍTULO I

LA COMPRENSIÓN DE TEXTOS EN CIENCIAS.

1. Los Textos en Ciencias.....	19
2. Proceso de comprensión en la lectura.....	21
2.1. Modelo de comprensión de Kinstch (1998).....	22
2.2. Las Inferencias del Lector.....	25
3. Variables implicadas en el Aprendizaje mediante lectura de Textos Científicos.....	29
3.1. Variables textuales.....	29
3.1.1. Contenido.....	29
3.1.2. Estructura organizativa.....	30
3.1.3. Cohesión.....	33
3.1.4. Estructura Superficial.....	36
3.2. Variables relativas al Lector.....	37
3.2.1. Esquemas de conocimientos.....	39
3.2.2. Estrategias.....	40
3.3. La Tarea de Lectura: Leer para contestar Cuestiones.....	43
4. Resumen y consecuencias para la presente investigación.....	47

CAPÍTULO II

EL APRENDIZAJE DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES

1. Estudios previos sobre Ideas Alternativas y Esquemas Conceptuales en Biología.....	53
1.1. Análisis de las Ideas Alternativas sobre el concepto de La Evolución....	58
2. Estudio del conocimiento sobre evolucionismo biológico entre la población culta no especializada.....	67
2.1. Muestra.....	68
2.2. Materiales.....	69
2.3. Resultados.....	77
2.4. Conclusiones.....	82

CAPÍTULO III

EXPERIMENTO I.

INFLUENCIAS DE LA FACILITACIÓN DE INFERENCIAS GLOBALES Y DEL CONOCIMIENTO PREVIO SOBRE LA COMPRENSIÓN

Introducción.....	87
1. Planteamiento y objetivo.....	88
2. Metodología.....	95
2.1. Muestra.....	95
2.2. Diseño del experimento.....	95
2.3. Materiales.....	97
2.3.1. Cuestionario de Conocimientos Previos.....	97
2.3.2. Elaboración de las versiones textuales.....	100
2.3.3. Prueba de Comprensión.....	110
2.3.4. Procedimiento.....	115
3. Resultados y conclusiones.....	117
3.1. Resultados del test de Conocimientos Previos.....	117
3.2. Resultados en la Prueba de Comprensión.....	122
3.3. Conclusiones.....	124

CAPÍTULO IV

EXPERIMENTO II.

ESTRATEGIAS DE COMPRENSIÓN DURANTE LA LECTURA DE TEXTOS CIENTÍFICOS PARA RESPONDER CUESTIONES

Introducción.....	127
1. Planteamiento y objetivo.....	128
2. Metodología.....	129
2.1. Muestra.....	129
2.2. Diseño del experimento.....	130
2.3. Materiales e instrumentos.....	131
2.3.1. Read & Answer.....	131
2.3.2. Adaptación de los textos.....	136
2.3.3. Adaptación de las cuestiones de comprensión.....	140
2.3.4. Procedimiento.....	142
2.4. Criterios de valoración.....	144
2.5. Variables del proceso de consulta analizadas.....	146

3. Resultados y conclusiones.....	149
3.1. Fase inicial de lectura.....	149
3.1.1. Promedios de lectura para el total de sujetos.....	149
3.1.2. Análisis de los promedios de lectura por segmentos en cada versión textual.....	153
3.1.3. Comparación de ambos textos.....	156
3.2. Fase de búsqueda de información y respuesta a las cuestiones de comprensión.....	160
3.2.1. Influencia del nivel de Conocimiento Previo y de las manipulaciones textuales sobre el éxito en la resolución de cuestiones de comprensión	161
3.2.2. Influencia de algunas variables del proceso de consulta de información sobre el éxito en la resolución de cuestiones de comprensión.....	166
3.2.3. Análisis de las Preguntas de Comprensión.....	173
3.3. Conclusiones.....	190

CAPÍTULO V.

EXPERIMENTO III.

INFLUENCIAS DEL NIVEL DE CONTROL DE LA COMPRENSIÓN Y DEL NIVEL DE COMPRENSIÓN LECTORA SOBRE EL PROCESAMIENTO DE TEXTOS CIENTÍFICOS.

Introducción.....	194
1. Planteamiento y objetivo.....	197
1.1. Marco teórico de la hipótesis.....	200
2. Metodología.....	201
2.1. Muestra.....	201
2.2. Diseño del experimento.....	203
2.3. Materiales e instrumentos.....	203
2.3.1. Test de Control de la Comprensión.....	207
2.3.2. Test de proceso de Comprensión Lectora.....	207
2.3.3. Cuestionario de Conocimientos Previos.....	210
2.3.4. Elaboración del texto experimental.....	215
2.3.5. Prueba de Comprensión.....	221
2.3.6. Procedimiento.....	252

3.	Resultados y conclusiones.....	255
3.1.	Resultados prueba de Conocimientos Previos.....	255
3.2.	Resultados en las pruebas de Comprensión Lectora y Control de la Comprensión.....	260
3.3.	Relaciones entre las variables independientes.....	261
3.4.	Resultados Prueba de Comprensión final.....	261
3.4.1.	Resultados estudio piloto de validación.....	261
3.4.2.	Resultados de la prueba definitiva (fase 2).....	263
3.4.3.	Análisis de los diferentes tipos de preguntas.....	264
3.5.	Conclusiones.....	268
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....		273
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		291
ANEXOS.....		311
1.-	Anexo I.....	312
	Experimento I. Cuestionario de Conocimientos Previos.	
2.-	Anexo II.....	317
	Experimento I. Textos y Cuestionario Utilizados.	
3.-	Anexo III.....	326
	Experimento II. Texto Utilizado en los ensayos con Read&Answer.	
4.-	Anexo IV.....	328
	Experimento III. Test de Control de la Comprensión.	
5.-	Anexo V.....	343
	Experimento III. Test de Comprensión Lectora.	
6.-	Anexo VI.....	353
	Experimento III. Cuestionario de Conocimientos Previos, Texto y Prueba de Comprensión. Prueba Piloto de Validación.	
7.-	Anexo VII.....	367
	Experimento III. Cuestionario de Conocimientos Previos, Texto y Prueba de Comprensión. Fase Final.	

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en un momento de renovación educativa: la implantación de la L.O.E. en todo el territorio nacional exige de nuevo atención a los currícula de ciencias en la enseñanza obligatoria, al modo en que éstos se desarrollan y a su eficacia educativa. La nueva Ley pretende potenciar el desarrollo de individuos críticos con la sociedad y capaces de tomar decisiones frente a los problemas que se les irán planteando en su quehacer ciudadano. Con el presente trabajo de investigación se pretende contribuir al conocimiento científico coherente en el Aprendizaje y Enseñanza de las Ciencias para optimizar el rendimiento educativo de los recursos empleados en la educación, a través del análisis de los procesos básicos de comprensión de las Ciencias Experimentales.

Los textos instruccionales son un recurso ampliamente utilizado en las aulas (y, en ocasiones, el único junto con la pizarra), que determinan claramente el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Su presencia didáctica es de tal importancia que su correcta utilización es uno de los factores más importantes para potenciar un cambio en las actitudes hacia el aprendizaje de las Ciencias (Macias, A. et al. 1999). De ahí que la investigación en comprensión de textos se haya constituido en una de las más prolíferas y pujantes de los últimos 20 años. Si los textos expositivos son el vehículo preferido para enseñar *ciencia escolar*, entonces la investigación sobre los mecanismos que facilitan, dificultan o modifican su comprensión, así como la desarrollada para conocer en profundidad los procesos psicológicos subyacentes, es fundamental.

Son numerosas las variables que regulan el proceso de comprensión de textos. Estas involucran fundamentalmente al alumno, al profesor, al contexto

y, por supuesto, al texto en sí mismo (Macias, op. cit.). Dichas variables se encuentran estrechamente relacionadas entre sí, interaccionando, potenciándose o inhibiéndose. De entre los factores que se refieren al sujeto aprendiz, la comprensión lectora es una de las capacidades más importantes. Leer correctamente y comprender lo que se lee permite el acceso a gran parte de los conocimientos, no sólo científicos sino de cualquier índole, disponibles. Además de esta capacidad, el control de la propia comprensión se ha revelado como la capacidad individual más importante para explicar el éxito académico. Estas dos capacidades fundamentales de las personas, junto con las características de los propios materiales textuales, determinan su efectividad.

Las características de los propios textos han sido también investigadas largamente. La facilitación de inferencias, el aumento de la coherencia local y global de los textos, la inserción de cuestiones a contestar mediante el texto, la activación del conocimiento previo, la organización de la estructura jerárquica de las ideas del texto, son algunos de los aspectos que han permitido entender cómo se puede aumentar la comprensibilidad general de un texto.

La eficacia de un trabajo instruccional se evalúa de diferentes modos en función de las características de las materias. En las aulas de ciencias el aprendizaje se evalúa a través de una diversidad de tareas, entre las cuales destaca la resolución de cuestiones y de problemas. Se considera que un estudiante ha aprendido cuando es capaz de dar respuesta a preguntas que requieren de la elaboración de nueva información por parte del sujeto, bien sea para inferir nuevas relaciones entre variables, bien sea para aplicar a casos nuevas relaciones ya aprendidas en otro contexto (transfer). Las preguntas de este tipo (inferenciales, no literales) no pueden ser respondidas utilizando únicamente la memoria, sino también el razonamiento, esto demuestra lo que entendemos por 'comprensión'.

En esta línea, nos parece interesante diseñar una investigación cuyo objetivo sea conocer las estrategias utilizadas por los alumnos (los que tienen éxito y los que no lo tienen) cuando necesitan comprender un texto de ciencias para responder preguntas de evaluación que exigen comprensión. Sobre este objetivo se construye este trabajo en el que tomaremos en consideración algunos de los factores más importantes que pueden afectar las estrategias de comprensión y el aprendizaje de los sujetos en el tema de “La Evolución de las especies en Biología”. Estos factores son: el nivel de conocimientos previos de los sujetos aprendices; la facilidad o dificultad para leer un texto; la comprensión lectora de los sujetos; su capacidad para controlar su propia comprensión; la facilitación de inferencias globales en el texto para conectar ideas distantes en el mismo.

La influencia de estos factores serán estudiados de forma secuencial en diferentes experimentos realizados y detallados en esta investigación.

Esperamos que el conocimiento científico adquirido a lo largo de estos experimentos nos permita contribuir a un programa de actuación para mejorar la comprensión de los alumnos en Ciencias.

El objetivo expresado antes motivó las siguientes preguntas de investigación:

1.- ¿Qué dificultades muestran los alumnos en la comprensión del evolucionismo científico? ¿Qué podemos aprender sobre los obstáculos de comprensión, y sobre las necesidades instruccionales concretas de los estudiantes, que permitan romper la histórica incompreensión del darvinismo entre la población, incluso entre la población culta?

2.- ¿Qué cambios en los textos podrían mejorar la comprensión de temas como éste, propios de las ciencias escolares? ¿Cómo se puede mejorar la

interrelación de las ideas expuestas, que es un requisito indispensable para entender las teorías y modelos científicos?

3.- ¿Qué estrategias de comprensión utilizan los estudiantes que alcanzan éxito y alto nivel de rendimiento en la resolución de cuestiones de evaluación? ¿Son diferentes de las utilizadas por los estudiantes con dificultades y bajo nivel de rendimiento? ¿Cómo pueden ser estudiadas las acciones que los sujetos realizan para dar respuesta a las preguntas propuestas?

En definitiva, estamos interesados en estudiar algunas variables que dependen del propio proceso cognitivo de construcción de representaciones mentales y asociarlas con variables de producto, es decir, que están asociadas al nivel de éxito alcanzado.

Las preguntas de investigación permiten concretar el objetivo general en otros más específicos:

- 1º.- Contribuir a la mejora de los materiales textuales utilizados habitualmente en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Biología. En particular, estudiar el efecto que produce mejorar la coherencia global de estos textos facilitando inferencias entre macroideas.
- 2º.- Estudiar el conocimiento previo de los estudiantes cuando llegan a los cursos superiores de E.S.O. Analizar el efecto que, sobre la comprensión de los textos típicos, tiene el conocimiento previo.
- 3º.- Analizar con detalle el proceso de lectura y construcción de respuestas a preguntas de comprensión. Identificar patrones de conducta, en el procesamiento, que permita caracterizar a los estudiantes con alto rendimiento y a los de bajo rendimiento. Investigar si existen otras variables que expliquen estas diferencias.

Dar respuesta a estos objetivos exige analizar primero los procesos implicados en la comprensión lectora y comprobar qué ocurre con los sujetos para el caso concreto de la evolución de las especies. A lo largo del presente trabajo intentaremos abordar dichas preguntas.

Hemos secuencializado la Memoria en dos partes que engloban los seis capítulos que la configuran. En la primera parte hablaremos de los procesos implicados en la lectura y comprensión de textos científicos para, a continuación, concretar qué ocurre en relación con el tema de evolución de las especies.

El **Capítulo Primero** está dedicado, como punto de referencia, a las diferentes aportaciones de la investigación sobre teorías de comprensión y aprendizaje de textos. En este capítulo exponemos, brevemente, las variables implicadas en el proceso de comprensión y aprendizaje de textos, relativas tanto a los materiales textuales, como al propio sujeto lector, así como a otros elementos que pueden influir en el aprendizaje, como la presencia de cuestiones a responder.

En el **Capítulo Segundo**, se atiende al conocimiento didáctico acumulado sobre el aprendizaje del evolucionismo biológico. Durante mucho tiempo, la didáctica de las ciencias experimentales ha estudiado la presencia de ideas de sentido común, alternativas a las científicas, que forman parte de las representaciones mentales que los aprendices realizan de la realidad que experimentan o que les explican en las aulas. Es importante, por tanto, exponer qué se ha aprendido sobre las ideas existentes en la población estudiantil sobre este tema, y analizar si estas ideas son o no son pertinentes para la ciencia y, en el segundo caso, si pueden ser o no fácilmente modificadas.

Asimismo, cuando se pretende mejorar la eficacia de los procesos educativos, resulta imprescindible averiguar cuál es el remanente que queda a largo plazo en la memoria de las personas no especialistas. Ello alude a las ideas, más o menos explícitas, que permanecen como acervo cultural de todos aquellos que han cursado todos los estudios obligatorios de ciencias en este caso. Con este objetivo realizamos y exponemos aquí, un estudio en una muestra de estudiantes universitarios, no especialistas en ciencias, que sacó a la luz sus ideas sobre evolucionismo biológico. Si los métodos educativos fueran eficientes, deberíamos esperar una presencia menor de ideas alternativas, no-científicas, en estos estudiantes que en otras poblaciones, como por ejemplo, la de estudiantes de primeros cursos de secundaria o personas no instruidas.

Este capítulo, junto al anterior, ayudará a fundamentar nuestra investigación y permitirá dar una coherencia a los experimentos siguientes.

La segunda parte consiste en 3 experimentos encadenados que conforman el bloque principal de esta investigación.

En el **Capítulo Tercero** se presenta el primer experimento cuyo objetivo es estudiar la influencia sobre el aprendizaje de estos contenidos de dos variables básicas: a) el conocimiento previo del sujeto sobre el tema de la evolución, y; b) la facilitación de las inferencias necesarias para conectar unidades de información diferentes y lejanas en el texto, cuya integración es necesaria para elaborar una buena representación mental del mismo.

En el **Capítulo Cuarto**, diseñamos un segundo experimento acerca de qué estrategias poseen los alumnos a la hora de enfrentarse con una información nueva con un objetivo explicitado: dar respuesta a un conjunto de preguntas de evaluación. Nuestra hipótesis de partida, para este segundo experimento fue que el nivel de aprendizaje alcanzado tras el procesamiento

del texto está asociado con el uso de estrategias concretas durante la lectura y el procesamiento de la información. Para contrastar esta hipótesis utilizamos la herramienta informática Read&Answer, en la que todas las acciones de los sujetos pueden ser registradas.

En el **Capítulo Quinto**, pretendemos ahondar más en la influencia de variables que se han mostrado importantes en el experimento anterior y que no fueron factorizadas en él. Pretendemos valorar específicamente la influencia de la comprensión lectora y el control de la comprensión en la tarea de leer un texto para comprenderlo y responder preguntas, lo que nos permite investigar si los obstáculos que los estudiantes poseen proceden de su carencia de capacidades básicas para procesar la información y construir representaciones adecuadas de ella.

El **Capítulo Sexto**, lo hemos dedicado a las conclusiones y las perspectivas de futuro, presentando las posibles aportaciones que nuestra investigación hace a la Didáctica de las Ciencias en general y la Enseñanza de la Biología en particular.

Finalmente, para una mayor y más completa visión del trabajo incluimos una Bibliografía General y específica donde se recogen las obras utilizadas para la realización de este proyecto. Así mismo, hemos añadido un conjunto de anexos documentales, en el que se incluyen diversos materiales utilizados y ejemplos.

CAPÍTULO I

LA COMPRENSIÓN DE TEXTOS
EN CIENCIAS

CAPÍTULO I.

LA COMPRENSIÓN DE TEXTOS EN CIENCIAS

1. Los Textos en Ciencias

Los textos expositivos en ciencias, son ampliamente utilizados para la transmisión de conocimientos a lo largo de toda la Educación Secundaria. El libro de texto continúa utilizándose en la enseñanza de las ciencias no sólo como apoyo, sino que también está presente en la planificación de estrategias de enseñanza (Santelices, 1990). Numerosas investigaciones en torno a los libros de texto (Parcerisa, 1996; Tamir y García, 1992; Jiménez y Perales, 2001) demuestran que estos son trascendentales para la instrucción en las instituciones de nuestro país. Olsson (1991) señala la necesidad de considerar el libro de texto como un recurso “*mass media*”. Según este autor, tradicionalmente son los recursos audiovisuales (televisión, radio, cine) y los impresos (revistas, prensa, etc.) los considerados como “*mass media*”; sin embargo, dado el amplio espectro de utilización del libro de texto, éste produce un gran impacto, comparable a los otros medios. El libro de texto orienta, apoya o refuerza las acciones de los profesores y profesoras en el aula, y muchas veces determina los contenidos que se imparten. De ahí que debamos considerarlos como una segunda institución, pese a las numerosas críticas que despiertan dada su implicación económica en la didáctica.

Los textos recogidos en dichos libros, poseen unos rasgos semiológicos que los diferencian de cualquier otro tipo de texto. El tipo de lenguaje que utilizan y la manera de presentar los contenidos suelen poseer un nivel de dificultad elevada con respecto al resto de áreas en la Enseñanza Secundaria (Márquez y Prat, 2005).

Una de las formas en las que se utiliza el texto en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias es como fuente de adquisición de nueva información mediante su lectura directa, pretendiendo que el nivel de conocimientos del lector aumente con la lectura del mismo (Escudero y León, 2007). Los libros de texto de ciencias son de carácter expositivo, -no narrativo- y Voss y Wiley (1997) demostraron que no parece existir en los lectores un conocimiento general previo que ayude a su comprensión, -a diferencia de lo que sucede con las narraciones- lo que dificulta dicho proceso.

Por otra parte, los textos expositivos, en general, no disponen de unos marcos organizativos tan claros como otros tipos de textos, variando en función de la disciplina o contexto en el que se utilizan (Ciencias Sociales, Biología, Física, etc.), lo que contribuye a aumentar su dificultad.

En respuesta a las dificultades encontradas por los lectores en los textos de ciencias, surgen esfuerzos por producir mejores textos. Así encontramos, entre otras aproximaciones a mejorar el texto, incrementos en la coherencia, hacer explícita la estructura lógica del mismo facilitando las inferencias causales (Escudero y León, 2007), conectar con información familiar para el lector mediante analogías, etc.

Todas las investigaciones que centran su atención en mejorar los textos de ciencias, están basadas en los resultados de la confluencia de la psicología cognitiva y la psicolingüística, dando lugar al campo que se conoce como *comprensión lectora*.

2. Procesos de comprensión en la lectura

Desde la psicología cognitiva, se señala una diferenciación entre leer y comprender, de manera que para que un sujeto logre comprender el contenido de un texto, la información suministrada debe procesarse a diferentes niveles (palabras, frases). Diversos han sido los modelos que en los últimos años han pretendido dar cuenta de la importancia en la integración de la información textual, otorgándole un nivel propio. Todos los modelos que se han planteado parten de la misma premisa: la comprensión de un texto supone la interacción entre variables textuales y variables del sujeto lector. En concreto, se requieren estructuras de conocimiento por parte del sujeto lector que les permitan transformar las unidades de escritura en unidades de significado e integrarlas en la memoria para usos posteriores (reactivación).

Es usual clasificar los modelos dependiendo del tipo de variables en el que se ponga el acento. De este modo, se habla de modelos ascendentes o enfoques abajo-arriba (bottom-up), en el que el sujeto comienza la lectura a partir de las grafías del texto, para continuar posteriormente con unidades lingüísticas más amplias (palabra, frase, etc.), hasta alcanzar el contenido global del texto y extraer significado. Los modelos descendentes o enfoques arriba (top-down) y los modelos interactivos son los más recientes y dan fundamento al enfoque de comprensión lectora subyacente en la presente investigación.

Como decíamos, el enfoque interactivo es el más reciente (Millis y Graesser, 1994; Just y Carpenter, 1987; van Dijk y Kintsch, 1983; Frederiksen, 1982; Rumelhart, 1980), y postula que el proceso de comprensión está dirigido en forma interactiva tanto por el texto como por el conocimiento del lector. Entiende el proceso de lectura como un conjunto de operaciones que se dan en paralelo, simultáneamente, condicionándose mutuamente entre ellas (van Dijk y Kintsch 1978,1983).

2.1. Modelo de comprensión de Kinstch (1998)

El modelo propuesto por Kintsch (Van Dijk y Kinstch, 1983; Kintsch, 1998), postula que, en la lectura de un texto, se construyen representaciones mentales del texto de niveles diferentes: La representación léxica, superficial, referida a un nivel lingüístico, es decir, el texto es decodificado exclusivamente por las relaciones que las frases guardan entre ellas. La “*base de texto*” se elabora a partir de las proposiciones del texto y expresa su contenido semántico tanto a nivel global como local. Esta representación refleja sobre todo las relaciones de coherencia entre las proposiciones, así como su organización. La información recogida en esta representación incluye sólo el contenido semántico del texto, es decir, no va más allá del texto.

La representación “*modelo de la situación*” involucra el conocimiento previo del lector y en estos esquemas se integra el contenido del texto, adquiriendo nuevos o más amplios significados y disponiéndose para su utilización en diferentes tareas y situaciones posteriores (aplicaciones, predicciones, resolución de problemas, cálculos, resúmenes, etc.)

Existen diferencias importantes entre estos dos últimos niveles de representación. La base de texto está muy influida por la coherencia global y local existente entre las proposiciones del texto, debido a su estrecha conexión con el contenido semántico textual; en cambio, el modelo de la situación se ve influido principalmente por aquellos aspectos que permiten enlazar mejor los esquemas de conocimiento del sujeto lector con la información textual, es decir, por la capacidad del lector para construir relaciones entre unidades textuales y unidades de conocimiento previo. La calidad de la representación base de texto se contrasta y, por tanto, se puede evaluar, mediante tareas de recuerdo libre, en tanto que el modelo de la situación se requiere y, por tanto,

se mide más efectivamente, en tareas que implican estrategias cognitivas de alto nivel, como por ejemplo, la resolución de problemas o la respuesta a cuestiones inferenciales. Naturalmente, ambos niveles representacionales no son independientes entre sí. (Sanjosé y Vidal-Abarca 1998; van Dijk y Kintsch, 1983).

Siguiendo con este modelo, el procesamiento de un texto se considera un proceso cíclico debido a la limitación de capacidad de la memoria de trabajo. En cada ciclo, la información nueva leída se procesa junto a la información importante del ciclo anterior, retenida en esta memoria de trabajo (*buffer*). Cuando el proceso finaliza, el resultado se integra en la MLP. En la memoria de trabajo tan sólo permanece una (unas pocas) macroidea(s) que permita establecer la coherencia con la información siguiente.

La comprensión está asociada al establecimiento coherencia entre las macroproposiciones del texto. Cuando el lector detecta falta de coherencia (lógica, referencial, temporal, semántica, etc.) entonces inicia un proceso de activación de conocimiento de su MLP para poder salvar dicha falta mediante inferencias, si es necesario. Si la coherencia perseguida no se reestablece, el sujeto percibe falta de comprensión. Si la coherencia se logra, la MLP almacenará una red de conceptos y proposiciones (ideas) interconectadas.

Naturalmente la estructura del texto es un aspecto fundamental en el modelo de van Dijk y Kinstch (1983). Se distinguen varios niveles:

La **superestructura**, viene determinada por el orden y la coordinación global de las partes del texto, se trata de un esquema al que el texto se adapta, como es el caso de los textos científicos. Por ejemplo, en el caso de textos expositivos podemos encontrar superestructuras de secuencia, enumeración, generalización, causa y efecto y clasificación (Cook y Mayer, 1988).

La **microestructura textual** está formada por las proposiciones que el lector forma durante la lectura buscando relaciones de coherencia local entre las ideas cercanas expuestas en el texto.

La **macroestructura** resulta de las macroproposiciones que construye el lector sirviéndose de macroestrategias, basadas en el texto y en el conocimiento previo del lector. Las macroproposiciones pueden estar completamente explícitas en el texto o bien pueden estar implícitas. En el primer caso, el lector únicamente debe seleccionarlas, mientras que en el segundo, debe producirlas mediante inferencias (elaborar, resumir).

En cuanto al contexto relacionado con el proceso de comprensión, Kintsch (1998) señala que se trata de un filtro por el que el sujeto percibe e interpreta el mundo y por tanto interviene en la comprensión de cualquier información nueva.

A modo de conclusión podemos afirmar que el significado no es algo que concierne exclusivamente al texto, sino que el lector va construyendo progresivamente (Favrel y Barrouillet, 2000) mediante un proceso dinámico, activo. En este proceso son esenciales los esquemas de conocimiento previo del sujeto, ya que desde este punto de vista decir que uno ha comprendido un texto es decir que ha encontrado un ‘hogar mental’ para la información del texto, o también que ha modificado un ‘hogar mental’ ya existente, en orden a acomodar la nueva información” (Anderson y Pearson, 1984). Esta situación se facilita en gran medida mediante lo que llamamos inferencias, cuya activación permite construir puentes entre la información leída y el conocimiento previo. En el punto siguiente se describe el concepto de inferencia y su relación en el proceso de comprensión.

2.2. Las Inferencias del Lector

Es esencial en el proceso de comprensión, analizar la variedad y número de inferencias que participan en el mismo. Se trata de una actividad fundamental en la construcción de la nueva información. Entendiendo por inferencia cualquier idea generada por MLP del lector como respuesta a la información textual suministrada (Rouet, 2006). Según Kintsch (1993) las inferencias pueden clasificarse según dos dimensiones: procesos automáticos y procesos controlados por el lector. Dentro de cada una de ellas se puede distinguir el mecanismo de *recuperación* y el proceso que *genera* nueva información. En definitiva, Kintsch plantea cuatro categorías para las inferencias. A continuación exponemos brevemente cada una de ellas:

a.- *Inferencias Automáticas de Recuperación*: Corresponden a una asociación entre la memoria de trabajo y el conocimiento previo. Tomando el ejemplo utilizado por Kintsch (1998): *John clavó una tabla*, la lectura de esta frase activa automáticamente el concepto de *martillo*. Esta inferencia se produce de manera automática, rápida entre la memoria de trabajo y el conocimiento existente en la MLP, no necesitando de la utilización de muchos recursos cognitivos. Ello se debe a la gran conexión entre ‘clavar’ y ‘martillo’ que la recuperación de uno al ser explícitamente activado (mencionado) el otro concepto.

b.- *Inferencias Controladas de Recuperación*: Son generadas en el momento en que la recuperación automática falla para crear una representación coherente de la información textual. Para ejemplificar este supuesto, tomemos el ejemplo de Kintsch (1998): *Daniel quería una bicicleta. Él trabajó como camarero*. En este caso una inferencia automática de recuperación puede no enlazar la idea de *querer una bici* con *necesitar dinero*. La inferencia que Daniel trabajó como camarero para ganar el dinero

necesario para comprarse la bicicleta debe ser controlada, construida, por el lector.

c.- *Inferencias Automáticas Generadoras*: Son el resultado del modelo de la situación elaborado como parte del proceso de comprensión del texto. Tomemos ahora el ejemplo propuesto por Rouet (2006): *La cuchara está a la derecha del plato. El cuchillo está a la derecha de la cuchara*” En esta situación, el lector utiliza de forma automática su conocimiento previo sobre las relaciones espaciales, para inferir un modelo mental de la situación. El lector activa un esquema completo de su MLP al ser mencionado uno de sus elementos, y debe rellenar sus ‘slots’ con la información suministrada.

La diferencia con las *inferencias automáticas de recuperación* se basa en que en este caso la situación del cuchillo a la derecha de la cuchara se procesa en la memoria de trabajo en el mismo momento en que se lee; así, la situación se codifica como una imagen que se genera como producto de la inferencia y de la experiencia previa. Bransford y colaboradores (1972) encontraron que muchos lectores generan este tipo de inferencias tan rápido que consideran que aparece explícitamente en el texto. Estos autores llegaron a considerar que estas inferencias se almacenan en la memoria en el mismo momento en que lo hacía la información leída.

d.- *Inferencias Controladas Generadoras*: Engloba todos los procesos mentales deliberados que pone en marcha el lector en la generación de nueva información. Las inferencias lógicas propias de la ciencia son de este tipo. Esto hace que esta última categoría sea la más importante en el ámbito de nuestra investigación, dado que se trata de una parte esencial en la comprensión profunda de un texto de ciencias. La elaboración de este tipo de inferencias engloba tanto la habilidad del lector en el manejo de la memoria de trabajo, MLP, como la predisposición a hacerlo.

En el caso concreto del proceso de construcción del modelo de la situación a partir de textos, Trabasso y Magliano (1996) proponen tres tipos básicos de inferencias: explicativas, predictivas y asociativas. Las inferencias explicativas son inferencias que unen información que aparece en el texto con información del conocimiento previo del lector. Estas inferencias se producen con el objetivo de justificar la presencia de entidades (objetos, eventos), o de sus características concretas (Ishiwa et al., 2006). Por ejemplo, para explicar la relación causal entre dos ideas cuando no aparece explícitamente en el texto. Las inferencias predictivas proporcionan información futura, anticipando hechos, con objeto de revelar información utilizando el conocimiento previo del lector y la información explícita contenida en el texto. Por último, las inferencias asociativas son aquellas que activan información asociada a la frase que se lee proporcionando información sobre propiedades, atributos, características, funciones de objetos y eventos.

Trabasso y Magliano identifican tres fuentes de información: la información presentada en el texto, el conocimiento previo del lector y los pensamientos que éste posee mientras lee. Estos autores plantean tres operaciones de memoria que se son necesarias en la generación de inferencias: el mantenimiento de la información en la memoria, la recuperación de la información residente en la MLP y la activación del conocimiento previo del lector.

León y colaboradores (2000) realizaron una investigación para analizar el tipo de inferencias que el lector realizaba cuando intentaba comprender un texto y si se generaban diferentes patrones de inferencias en la lectura de diferentes tipos de textos (narrativos, expositivos y periodísticos). Para esto seleccionaron universitarios (españoles y norteamericanos) que leyeron una veintena de textos cortos con la misma estructura que contenían una única relación causal. Estos autores encontraron, en primer lugar, que más del 70%

de las respuestas de los sujetos correspondieron a los tipos de inferencias propuestas por Trabasso y Magliano (1996). En segundo lugar aparecieron importantes diferencias en la realización de inferencias que los lectores generaron ante la variable del género del texto. Así, los textos expositivos evocaron un mayor número de inferencias explicativas que los narrativos, mientras que éstos generaron un mayor número de inferencias predictivas. Los textos periodísticos se situaron claramente en medio de ambos. Por lo que esto sugiere que la dirección en el procesamiento de cada texto puede ser distinta.

En esta línea, en una investigación posterior León y Peñalba (2002) encontraron que las inferencias predictivas parecen realizarse *on-line* en los textos narrativos, pero que no ocurre así para los textos expositivos. Los textos expositivos activan procesos destinados a integrar información que está siendo leída con el conocimiento previo, es decir, generar explicaciones.

Por tanto, en la generación de inferencias no sólo influyen factores diferenciales entre lectores, sino que el tipo de texto también es un factor determinante (León et al, 2003). Cada tipo de texto, parece determinar la activación de unas expectativas en el lector y por consiguiente unos procesos específicos. Como hemos visto los textos expositivos requieren de un mayor esfuerzo en el mantenimiento de la información de la memoria de trabajo, lo que permita generar conexiones con la información precedente.

3. Variables implicadas en el Aprendizaje mediante lectura de Textos Científicos

3.1. Variables textuales

Como hemos visto en el apartado anterior, comprender un texto supone construir un modelo mental del mismo, es decir, la elaboración de una macroestructura en la que convergerían, no sólo un conocimiento lingüístico, que posibilita la obtención de significados del texto original, sino también el conocimiento del mundo que posee el lector y su experiencia previa. Es aquí donde las variables textuales se ven implicadas en el proceso de aprendizaje a partir de textos, estas variables se pueden clasificar en: Contenido, Estructura Organizativa, Cohesión, Estructura Superficial.

3.1.1.- Contenido

Las proposiciones contenidas en el texto y determinan las herramientas y estrategias requeridas al lector (León et al, 2003). Este aspecto es fundamental en los textos científicos, ya que la adquisición de conceptos no va enfocada a llenar un vacío de ignorancia, sino a integrarse en un cuerpo organizado de ideas y concepciones previas del sujeto. Por lo cual, se han de tener en cuenta en el contenido dichas ideas previas de los alumnos. En este sentido, en la introducción de conceptos, las proposiciones deben enlazar siempre con el conocimiento previo del lector.

Otro aspecto de gran importancia, referente al contenido de los textos en Ciencias, es la presentación que en ellos se hace de modelos y teorías. Desde el punto de vista epistemológico, hemos de tener en cuenta que las teorías científicas tratan modelos ideales, que se supone representan de un modo más o menos simbólico y con alguna aproximación, ciertos aspectos de la realidad,

y jamás en su totalidad. Las teorías no retratan la realidad, sino que son construcciones realizadas mediante conceptos, hipótesis y relaciones lógicas esencialmente diferentes de sus correlatos (Bunge, 2000).

En este sentido, es fácil entender que los alumnos lleguen a integrar las teorías o modelos expuestos en el aula como dogmas definitivos y cerrados, trasladándolos a situaciones reales de la vida cotidiana. Esta situación lleva a ideas alternativas en los alumnos, acerca del papel que desempeñan los modelos y teorías científicas, limitándose a copiar literalmente el esquema en la realidad (Gilbert, 1995). Este aspecto se ve reforzado por los estudios realizados por Strube (1989) en el que revela que la mayoría de textos de ciencias contienen un alto índice de explicaciones no justificadas. Strube analizó textos de Física, encontrando que en la mayoría de las ocasiones los textos expuestos no informaban de la formulación de la teoría o ley, ni del proceso de indagación, mostrando la teoría en cuestión como un hecho consumado, informando al lector de hechos consumados, es decir, de resultados finales carentes de explicaciones indagativas.

3.1.2.- Estructura organizativa

Integra tanto la organización de las ideas como el tipo de relaciones que se describen en las mismas. Esta interrelación entre macroproposiciones se articula en diferentes estructuras textuales. Según Norris y Phillips (1994) los textos se pueden clasificar según su estructura organizativa en:

- **Expositivos:** Son los que contestan preguntas reales o imaginarias; presentan hechos y/o explican por qué algo es importante. También señalan cómo funciona algo o lo que ese algo significa.
- **Narrativos:** Cuando informan a los lectores que, lo que está sucediendo es un recuento de eventos o acciones e incluye personajes, argumento, tema y estilo.

- **Descriptivos:** Son los que recurren a los sentidos del lector y generalmente tratan sobre la apariencia de un objeto, una persona o un evento.
- **Argumentativos:** Cuando recurren a las razones para apoyar conclusiones y con frecuencia intentan persuadir o convencer.

Debemos señalar que las primeras estructuras textuales estudiadas fueron principalmente de tipo narrativo y posteriormente se ha prestado atención a las estructuras de los textos expositivos (Escudero y León, 2007). Según Escudero y León (2007), el discurso escrito narrativo representa contenidos cuya naturaleza suele ser típicamente episódica e incluye un conjunto definido de criterios que comparten semejanzas entre sí. A este grupo pertenecen la narración de hechos históricos, autobiografías, historias de ficción, cuentos, fábulas o leyendas. Por otro lado, los textos expositivos corresponden con la estructura organizativa utilizada mayoritariamente en Ciencias y por tanto de interés para nuestra investigación. Según estos autores, los textos expositivos proporcionan formas de encuadrar nuestro conocimiento del mundo, sintetizar la información procedente de diversas fuentes, clasificar y categorizar este conocimiento en distintas formas jerárquicas (en lugar de estrictamente secuenciales), y representar lo que sabemos en estructuras convencionales de discurso, lo que permite reflejar nuestro conocimiento de manera distinta a como lo hacen las historias o las narraciones.

Cook y Mayer (1988) realizaron una síntesis de las estructuras textuales de los textos expositivos que se resumen en: secuencia, enumeración, generalización, causa y efecto y clasificación.

- **Secuencia:** Describe una serie de eventos, pasos o etapas que están en orden cronológico, conectados y continuos. En los textos científicos un

autor puede describir las etapas de un proceso o la progresión lógica de pasos en un experimento.

- **Enumeración:** Describe una lista simple de información sobre un tema. A diferencia de la secuencia, el orden del listado no afecta lo expuesto.
- **Generalización:** Describe un tema principal y los conceptos subordinados que lo apoyan y clarifican. Las generalizaciones también se pueden encontrar como definiciones o enunciados que integran un grupo de hechos.
- **Causa y Efecto:** Describe una interacción entre un evento o concepto (efecto o efectos) y un segundo evento o concepto (causa o causas).
- **Clasificación:** Describe un tema principal que puede ser dividido en dos o más clases o categorías seguidas por subtópicos que son organizados bajo cada clase o categoría.

Una correcta comprensión e integración de la información de un texto pueden variar en función de la estructura del mismo (León, 2003), aquellos lectores que logren reconocerla adecuadamente podrán seleccionar y organizar mejor la información, consiguiendo, en consecuencia, una adecuada comprensión del mismo. (Vidal-Abarca, Gilabert y Abad, 2002)

Por otra parte, dado que los macroprocesos lectores procuran una representación global del contenido del texto, es lógico que cuanto mayor sea su organización, más fácilmente se lleven a cabo dichos macroprocesos (Brooks y Dansereau, 1983).

Como punto de partida para la organización de los textos, se ha de procurar que dicha organización favorezca la activación de los esquemas de conocimiento necesarios para la recepción del nuevo material, ya que esto es crucial para la recuperación desde la memoria del material significativo, (Dee-Lucas y Larkin, 1990). Por tanto, se debe mejorar la organización textual y la

yuxtaposición de las ideas de que dispone el lector con las nuevas que se introducen en el texto, si se quieren hacer más efectivos los textos para la Enseñanza de las Ciencias.

3.1.3.- Cohesión

Una de las variables textuales esenciales en la comprensión del mismo es el nivel de cohesión. Los elementos de cohesión de un texto se basan, principalmente, en los elementos lingüísticos y la forma en la que se combinan. Así pues, el discurso textual tiene que poseer una cohesión, intra e interproposicional tal que permita una descripción coherente del contenido semántico (van Dijk y Kintsch, 1983). Por tanto, la dimensión de cohesión hace referencia al conjunto de procedimientos que mantienen la conexión conceptual entre las diversas ideas que se encuentran en las frases y párrafos. Best et al (2005) confirman que la cohesión general en un texto es una característica importante, tanto en un nivel local como global del mismo. Como nivel global se refiere a la cohesión general del texto. Estos autores, señalan que los factores que más facilitan dicha cohesión son los títulos, introducciones temáticas, resúmenes del contenido y las relaciones semánticas entre párrafos. En lo que se refiere a coherencia local, corresponde a la relación entre frases adyacentes, y los factores que la favorezcan son la relación semántica entre frases, conectores que describen la relación explícita entre frases y las explicaciones sobre los términos complejos.

McNamara y otros (1996) estudiaron los efectos del conocimiento previo de los sujetos y la coherencia textual utilizando un texto de biología de Secundaria sobre mamíferos. La conclusión principal fue que las interconexiones entre las diversas partes del texto se hicieron más explícitas en la versión revisada, en el nivel global. Así, determinaron que es posible que un nivel de cohesión alto mejore la comprensión (en cuanto a nivel de *texto-base*

se refiere) de lectores con alto y bajo conocimiento previo, en comparación con un bajo nivel de cohesión en el que esta situación no aparece. Esto se explica porque un bajo nivel de cohesión, hace que un lector con buenos conocimientos previos, haga muchas inferencias para compensar la falta de cohesión, mientras que un alto nivel de cohesión, haga que ese lector no dedique mucho esfuerzo cognitivo. Esa falta de esfuerzo cognitivo produce un procesamiento más superficial, lo que se traduce en peor comprensión en el nivel profundo. No obstante, en este mismo experimento, encontraron que la alta cohesión textual beneficiaba a los lectores de bajo nivel de conocimiento en todos los índices de medición de la comprensión, debido a que estos lectores no pueden compensar la falta de cohesión haciendo inferencias, ya que no poseen el conocimiento requerido para ello.

En un estudio posterior, McNamara (2001) utilizando un texto sobre mitosis celular, encontró evidencias que el texto con baja cohesión inducía inferencias para *llenar* los vacíos del mismo, este aspecto no aparecía cuando el lector leía el texto con un alto nivel de coherencia. Lo que reforzaba la idea que en sujetos con un alto nivel de conocimientos un texto con alta coherencia produce errores en el procesamiento del texto-base.

Por tanto, es necesario que el sujeto procese el texto en un nivel adecuado para poder beneficiarse de la estructura organizativa y de la cohesión. Pero la cohesión es beneficiosa, dado que niveles altos de cohesión facilitan el aprendizaje de textos científicos, tanto a sujetos con pocas habilidades, como aquellos con niveles altos de comprensión (McNamara, 2001).

Los textos que se emplean en la Enseñanza de las Ciencias, utilizan un lenguaje similar al de la literatura científica, en el que aparecen oraciones estructuralmente complejas, con gran cantidad de términos cuyo significado el lector debe inferir. Por ello se ha de proporcionar una buena red informativa

de manera que el aprendiz pueda establecer las oportunas interrelaciones entre conceptos (Duffy, 1989). Algunas técnicas para perfeccionar la cohesión son:

- a.- Establecer explícitamente las relaciones entre ideas: El sujeto lector tiene que poder construir redes semánticas con un mínimo de inferencias textuales. Los buenos textos expositivos son aquellos que tienen buenas redes semánticas entre las ideas del texto (Vidal-Abarca y Gilabert, 2003). El uso de frases cortas y simples puede impedir la formación de estas redes y por tanto de la relación entre las ideas que debe saber. Es necesario llegar a una situación de compromiso en el tamaño de la frase tal que no impida la cohesión microestructural, pero que a su vez, favorezca la macroestructura. (Anderson y Armbruster, 1986)
- b.- Evitar las ideas irrelevantes para el contenido tratado. Cada idea presentada ha de contribuir a la integración de las proposiciones en la red semántica iniciada. (Anderson y Pearson, 1984). Se ha comprobado, que añadiendo detalles de bajo nivel se reduce el recuerdo de las ideas principales porque se distrae la atención del lector de la estructura central
- c.- Aumentar la conectividad entre frases: Esto se puede hacer mediante conjunciones, expresiones conjuntivas u otras expresiones. Repetir términos ayuda a conectar unas oraciones con otras, aumentando la coherencia textual (Vidal-Abarca y Gilabert, op.cit.). Si suponemos que en cada ciclo de procesamiento una parte de la información es retenida en la memoria de trabajo con objeto de procesarla con la información siguiente, la repetición de términos facilita la conexión entre las ideas presentes en las frases y facilita la comprensión.

- d.- Utilizar partículas que permitan al lector dirigir su atención y faciliten las inferencias a efectuar en la lectura. Es importante, favorecer la activación de los conocimientos previos del lector y la elaboración de inferencias frente a la explicitación de las ideas.

La cohesión del texto científico debe permitir la elaboración de una representación altamente integrada o interconectada en la memoria y, por ende, una recuperación más eficiente. Este punto puede ser ilustrado por varios modelos de memoria (Manzanero, 2006; Troyer y Craik, 2000; Rumelhart, 1980; Anderson y Bower, 1973). En estos modelos, la información es representada en la memoria como una red interconectada de nodos encadenados en la cual los nodos simbolizan conceptos mientras los eslabones entre nodos representan las relaciones entre conceptos. La representación construida a partir de un discurso cohesionado sería más eficiente para la recuperación porque las múltiples interconexiones entre conceptos incrementa tanto el número de nodos a los que se puede acceder como el número de vías potenciales para alcanzar un determinado nodo.

3.1.4.- Estructura superficial

En esta variable englobamos un conjunto de procedimientos, que no alteran la estructura del texto al que van dirigidos, y que sirven de estímulo o indicio para un procesamiento del texto por parte del lector, que le conduzca a su macroestructura. Entre los procedimientos más interesantes para la Didáctica de las Ciencias, señalamos los siguientes:

- 1.- Emplear frases introductorias que anuncien el contenido del texto, así como frases resumen. Britton y Gülgöz (1991) introdujeron modificaciones en un texto original sobre la guerra de Vietnam, mejorando la estructura del mismo. Estos autores no sólo repitieron palabras de una frase a otra, sino que hicieron explícitas las relaciones

que aparecían implícitas en el texto original. Obtuvieron que los universitarios que leyeron el texto revisado recordaron más información y puntuaron más alto en las cuestiones inferenciales.

- 2.- Utilizar títulos y encabezamientos que suministren más información estructural y que están colocados adecuadamente. De este modo se prepara al lector para adentrarse de un modo rápido en la idea principal (Anderson y Armbruster, 1986). Otros autores, señalan la importancia de destacar las ideas principales contenidas en el texto mediante marcas (Duffy, 1989).
- 3.- Ajustar el estilo lingüístico del texto al alumno. Normalmente el estilo de los textos escolares de Ciencias es el derivado del modelo “correcto” de escribir literatura científica: rígido, lenguaje poco vívido y figurativo; y con acento en exceso en las argumentaciones lógicas, las definiciones y el razonamiento formal (Strube, 1989).
- 4.- El incremento de la densidad de relaciones semánticas entre ideas textuales permite detectar qué ideas del texto son más importantes y conocer la relación entre éstas (Vidal-Abarca y colaboradores, 2002). En una investigación con dos textos, estos autores lograron que los sujetos que leyeron la versión con un mayor número de relaciones entre ideas contestaran mejor a preguntas inferenciales, lo que indica que dicho aumento, produjo un texto más comprensible.

3.2. Variables relativas al Lector

En el proceso de comprensión lectora, no es suficiente con construir la estructura proposicional del texto, es preciso dar un paso más: poner en relación la información extraída del texto con el esquema de conocimientos que el sujeto posee, lo que algunos autores han denominado conocimiento

declarativo (Santa Cruz, 1985). Según Mayor y Vega (1992), los conocimientos que un sujeto posee se encuentran organizados siguiendo algún tipo de esquema en su memoria a largo plazo, por lo que se puede distinguir entre el conocimiento declarativo, que incluye conocimientos sobre el mundo físico, social y sobre uno mismo, y conocimiento procedimental, como los procedimientos o reglas para aplicarlos. Todo esto se encuentra organizado en esquema en nuestra memoria y disponible para ser utilizado. Así pues, un esquema es un conjunto estructurado de conocimientos y procedimientos de acción sobre un determinado ámbito. Dado que existen multitud de ámbitos de conocimiento, también los esquemas son múltiples. Por tanto, dentro de las variables relativas al sujeto, podemos distinguir dos aspectos: los esquemas de conocimiento y las estrategias.

3.2.1.- Esquemas de conocimientos

Los conocimientos previos que sobre el tema tenga el lector, es decir, los conceptos almacenados y organizados en la memoria a largo plazo, pueden facilitar en diverso grado la comprensión y asimilación de la información textual. Unos esquemas cognitivos variados y bien estructurados y relacionados entre sí, son condiciones necesarias para una correcta comprensión del texto. (Campanario y Otero, 2000; Driver y otros, 1989). Los esquemas que configuran el conocimiento no son estáticos, sino dinámicos, y cambian en cada momento como respuesta a las demandas de los procesos de comprensión. El significado se forma como consecuencia de la interacción entre las estructuras de conocimiento preexistentes en el sujeto y las claves disponibles a partir del mensaje, de manera que se forma un nuevo esquema o se modifica el preexistente. Por tanto, el modelo se basa en tres ideas básicas: necesidad de activación de las concepciones de los alumnos, creación de un desequilibrio, y posterior superación del mismo mediante el acceso a una información más avanzada; de manera que las nuevas ideas se manifiesten más fructíferas y útiles que las primeras.

En Didáctica de las Ciencias, en relación con el conocimiento previo del lector, se suele utilizar el término estructura cognitiva para la representación del conocimiento en forma de relaciones entre elementos de la memoria (White y Tisher, 1986). Esto es un sistema formal de conceptos y proposiciones instalado en la memoria a largo plazo de los individuos.

En los trabajos de Kempa (Kempa, 1986; kempa y Nicholls, 1983) se comparan los mapas cognitivos de asociación de palabras de estudiantes de química, con sus resultados en la resolución de problemas. En ellos, se concluye que los buenos resolutores de problemas, hacen mapas cognitivos con más asociaciones entre conceptos y menos errores. Según este autor, las dificultades para resolver problemas y su relación con la estructura cognitiva

de los estudiantes, son atribuibles a la ausencia de elementos (conceptos) y/o relaciones entre ellos en estructura, y a la presencia de irrelevantes o falsos elementos y/o relaciones entre ellos.

Dada la importancia de la estructura cognitiva del aprendiz en tareas de aprendizaje de alto nivel cognitivo, como la resolución de problemas, resulta lógico que la formación del modelo de la situación sea tan dependiente del conocimiento previo del lector, tal y como señala el modelo de Kintsch y van Dijk.

3.2.2.- Estrategias

Del mismo modo que los esquemas de conocimiento de los alumnos condicionan el proceso de comprensión de textos, y por tanto el aprendizaje de las ciencias, sus concepciones epistemológicas también influyen en los resultados y estrategias que emplean en la lectura. Surge un segundo aspecto de las variables que posee el lector, el desarrollo de estrategias de lectura que organicen la nueva información y la conecten con sus esquemas de conocimiento. De esta forma, el concepto de estrategia, se incorpora a la psicología del aprendizaje y la educación, como una forma de enfatizar el carácter procedimental que tiene todo aprendizaje, por lo que han sido multitud de investigadores los que han definido el concepto. Para van Dijk y Kintsch (1983) una estrategia es una representación cognitiva que pertenece a una secuencia compleja de acciones y que está ligada a la noción de plan (...) Chi (2000) define estrategia como unas reglas heurísticas que son presumiblemente aplicables a través de diversos dominios.

Sintetizando los elementos más sobresalientes de las definiciones de lo que se entiende por una estrategia, podemos decir que las estrategias son representaciones cognitivas enmarcadas dentro de un plan y que suponen una capacidad de decisión. Se caracterizan por ser susceptibles de generalización y

que son potencialmente conscientes y controlables por el sujeto. Estas últimas características, nos conducen a la consideración de las llamadas estrategias metacognitivas.

Destacaremos únicamente aquellas estrategias que hemos considerado esenciales para el aprendizaje de textos en Ciencias. Las cuales son:

1.- Estrategias de aproximación a la lectura: El concepto que los sujetos tienen acerca de lo que es leer, la conciencia de qué es lo que tienen que hacer cuando leen o en qué medida influyen las distintas variables que afectan a la lectura (Forrester y Waller, 1980)

2.- Estrategias de control de la comprensión: Partiendo de la base, como ya hemos dicho, que leer es captar significado de forma interactiva, muchas veces los procesos cognitivos de comprensión basados en el empleo del conocimiento previo, pueden verse afectados por la carencia de esquemas pertinentes para interpretar y acomodar la nueva información (Otero, 1990). En estos casos, es fundamental, que el sujeto disponga de un amplio abanico de estrategias de control, que le permitan detectar fallos o inconsistencias en la nueva información o incluso en sus esquemas de conocimiento. Una estrategia básica de aprendizaje propuesta por Otero y Campanario (1990) es formular las dificultades como problemas, pues si los alumnos no son conscientes de que mantienen concepciones erróneas sobre los contenidos científicos, no adoptarán posturas para clarificar su comprensión (Baker, 1991). En conclusión podemos decir que: las dificultades que los estudiantes de Ciencias manifiestan en el control de su propia comprensión pueden ser tan importantes como las dificultades en la propia comprensión y que, aunque las estrategias de control mejoran con la edad, deberían promoverse programas de instrucción específicos.

3.- Estrategias de formación de la macroestructura textual: De los estudios de Scardamalia y Berieter (1984) y de Brown y otros (1983) se puede concluir

que los estudiantes con estrategias más eficaces y maduras, realizan operaciones destinadas a captar el significado global del texto y a producir una representación organizada, jerárquica y coherente del contenido textual, teniendo en cuenta no solamente dicho contenido sino también sus propios esquemas de conocimiento, tal y como se demuestra por las inferencias, resúmenes y macrointerpretaciones que llevan a cabo. Por el contrario, los estudiantes menos eficaces, no producen una integración de los diversos contenidos, y procesan frase a frase de forma separada y sin relacionar suficientemente el significado del texto con sus esquemas de conocimiento previo. Se ha comprobado que en la lectura de textos de Ciencias, los alumnos que son buenos solucionadores de problemas ejecutan más actividades de construcción macroestructural, es decir, se fijan más en ideas, que los malos, que se limitan a un procesamiento superficial del texto, es decir, se fijan más en palabras (Ferguson-Hessler y de Jong, 1990).

4.- Estrategias de metacognición: Según Campanario y Otero (2000) para lograr una actuación efectiva en el aprendizaje de las Ciencias Experimentales, es necesario que el sujeto tome conciencia de sus concepciones epistemológicas acerca de la naturaleza de la Ciencia y el conocimiento científico; es fundamental que el alumno asuma las ciencias como algo global y no una compendio de elementos sueltos.

La consideración de los objetivos que se pretenden con la lectura, permite distinguir entre dos grupos de objetivos que puede tener el sujeto cuando se enfrenta a una tarea lectora: comprender y memorizar (Fisher y Mandl, 1984; Baker, L. 1994). Ambos tipos de objetivos conducen a un procesamiento diferente de los textos. Así, el tipo de preguntas que los sujetos esperan encontrar tras el estudio de textos expositivos condiciona su forma de lectura. Anderson y Armbruster (1982) comprueban que cuando se espera una prueba de ensayo (preguntas abiertas), el tipo de estudio es diferente que cuando se

espera una prueba objetiva (elección de respuestas múltiples). Harris y Sipay (1980) destacan que cuando los alumnos esperan encontrar preguntas de detalle, procesan la información más superficialmente que cuando esperan preguntas que suponen algún tipo de elaboración. Este aspecto lo desarrollaremos con detalle en el apartado siguiente.

3.3. La tarea de lectura: Leer para contestar Cuestiones

En esta parte analizaremos la lectura que se realiza con el fin de realizar correctamente una tarea concreta: la respuesta a cuestiones. Se trata de un elemento presente de manera habitual en los textos que se utilizan en la Enseñanza de las Ciencias y constituye una parte esencial del proceso de evaluación de la comprensión y el aprendizaje en ciencias (Graesser et al, 2005).

Presentar el texto junto con tareas concretas (leer para...) produce diferencias en el modo en que se procesa la información, según se definan las tareas a través de instrucciones (Coleman et al. 1997) El papel de las cuestiones en la enseñanza mediante textos científicos cumple un doble objetivo: en primer lugar potenciar de forma positiva la comprensión del texto y la retención de información del mismo, dado que los sujetos deben focalizar la atención hacia determinadas partes del texto. Esta situación facilita la activación de actividades mentales fundamentales en el Aprendizaje de las Ciencias, como el razonamiento inductivo o deductivo o la realización de inferencias, entre otros (García y Martín, 1987; León et al, 2002). En segundo lugar, las cuestiones son ampliamente utilizadas para evaluar el nivel de integración de la información textual por parte de los sujetos (Vidal-Abarca et al, 2005).

Leonard (1987) en sus trabajos sobre el efecto de las cuestiones insertadas en textos de Ciencias, recoge abundante bibliografía que confirma la mayor productividad de las cuestiones cuando están colocadas después de los pasajes a los que se refieren, y la mayor eficacia de las cuestiones de alto nivel cognitivo (de comprensión, de inferencia y de aplicación) frente a las factuales. León y colaboradores (2002) recogen una clasificación de las preguntas que pueden generarse a partir de un texto. Estos autores señalan que desde un punto de vista psicológico, existen dos tipos de cuestiones en función del proceso mental que inducen y del tipo de información que requieren para contestar correctamente: cuestiones de alto nivel y cuestiones de bajo nivel,

Las cuestiones de alto nivel son aquellas que requieren la manipulación de la información textual, la reflexión y la realización de inferencias conectando ideas textuales separadas entre sí, que a su vez exige comprender la estructura textual. Las cuestiones de bajo nivel son aquellas que piden al sujeto que recuerde la información que ha leído del texto de forma más o menos literal.

Diversas investigaciones han demostrado que el uso de preguntas de alto nivel, que obligan a realizar inferencias, facilitan la comprensión y el aprendizaje de la Ciencia más que las preguntas de bajo nivel (Sanjosé y Vidal-Abarca, 1998; Cerdán, 2006). Vidal-Abarca y colaboradores (1996) realizaron una investigación en esta línea utilizando un texto sobre Modelos Atómicos con alumnos de 3º de B.U.P. Los sujetos se dividieron en dos grupos, la mitad de ellos debían contestar preguntas inferenciales y la otra mitad literales. Ambos tipos de preguntas requerían que los estudiantes manejasen las mismas unidades de información textual. Posteriormente, se evaluó el aprendizaje final mediante una prueba de recuerdo libre y otra de comprensión con preguntas de comprensión y aplicación, encontrando que los sujetos en la condición de preguntas inferenciales lograron una puntuación significativamente mayor que los de la condición preguntas literales.

El papel crucial de las preguntas de alto nivel en el aprendizaje se explica en función de los modelos de procesamiento del texto (Kintsch, 1998). Dado que los estudiantes suelen carecer de estrategias muy desarrolladas y de grandes conocimientos previos suelen realizar pocas inferencias, especialmente aquellas que conectan unidades de información textual distantes. Es aquí donde las cuestiones de tipo inferencial mejoran el rendimiento, pues exigen al sujeto el llevar a cabo esta actividad. En cambio las preguntas literales (bajo nivel) activan procesos simples de recuerdo de información literal. Por eso pueden mejorar el recuerdo, pero no mejoran los procesos de comprensión.

En esta línea, podemos argumentar que las cuestiones inferenciales son claves en la utilización del texto expositivo para facilitar el cambio conceptual en los alumnos, siempre que cumplan los siguientes requisitos: estén centradas en las ideas principales, revelen errores conceptuales, promuevan la unión entre las ideas del texto y la vida real, sirvan para poner en tela de juicio los preconceptos y den muchas oportunidades de trabajar sobre un concepto.

Existen estudios que ponen de manifiesto que son las tareas de naturaleza inferencial, -tales como generar autoexplicaciones para relacionar diferentes informaciones textuales entre sí y con otros conocimientos previos, detectar problemas de comprensión y solucionarlos, las que hacen aprender mejor a los estudiantes-. (Chi, M.T.H. et al, 1994; Coté, N. et al, 1998; Coté y Goldman, 1999).

La tarea de resolver cuestiones de alto nivel, obliga al sujeto a llegar más allá del texto, a utilizar una representación que se haya formado del mismo para elaborar la respuesta. El sujeto ha de producir inferencias controladas generadoras (elaborativas) (Kintsch, 1998; Van Dijk y Kintsch, 1983) relacionando proposiciones del texto entre sí y con el conocimiento previo.

La tarea de resolver cuestiones de bajo a alto nivel facilita el discriminar entre las representaciones Texto Base (BT) y Modelo de la situación (MS) construidas. Dos sujetos con un nivel de comprensión del texto superficial y profundo, respectivamente, podrían resolver satisfactoriamente una tarea de recuerdo inmediato, captación de ideas principales o de resumen, pero sólo el sujeto de nivel de comprensión profundo, lograría resolver cuestiones inferenciales de forma correcta.

Por otro lado, es posible que las cuestiones de alto nivel (inferenciales) produzcan un mayor aprendizaje que las de bajo nivel (literales) sólo cuando el lector tenga un conocimiento previo bajo. Es posible también que si el lector posee un buen conocimiento previo del tema y unas buenas estrategias de búsqueda de información, la tarea de contestar cuestiones de alto nivel produzca resultados similares a contestar cuestiones de bajo nivel. Esta situación ha sido puesta en evidencia en el estudio de Rouet y colaboradores (2001) con sujetos universitarios con un buen conocimiento previo del tema, así como buenas estrategias de comprensión dado su nivel académico. Estos investigadores no encontraron diferencias entre el tipo de preguntas ni en la calidad de los resúmenes elaborados.

Por tanto, podemos decir que existe una diferencia de procesamiento entre las cuestiones de alto y bajo nivel. Las primeras requieren de mayores recursos a la hora de contestar, lo que puede determinar un patrón de búsqueda de información. Para el caso de las cuestiones de bajo nivel, nos encontramos con un patrón consistente, básicamente, en localizar y memorizar información (Rouet y Vidal-Abarca, 2002). Sin embargo el aprendizaje mediante las cuestiones de alto nivel depende de la habilidad del lector en localizar la información relevante en el texto para realizar inferencias y contestar correctamente.

4. Resumen y consecuencias para la presente investigación

Sabemos que las Teorías y Modelos de la Ciencia consisten en conjuntos de ideas coherentes (por ejemplo conjuntos de leyes) que deben ser procesadas a la vez para poder predecir sus consecuencias (contrastables), su poder explicativo y el modo en que los atributos y características definidas para las entidades de la realidad (objetos, hechos) son incorporados, son descritos y juegan un rol en los fenómenos. La Ciencia no se construye a partir del sentido común a través de un proceso de simple exposición a las experiencias cotidianas y, por ello, se diferencia del conocimiento vulgar en muchos aspectos (ontológicos, epistemológicos). La mayor parte del conocimiento que los científicos construyen (teórico o aplicado) procede de numerosas inferencias realizadas a partir de las leyes, principios, hipótesis o reglas. En los estudiantes y personas no expertas en general, estas inferencias no son automáticas, pues no se derivan de activaciones rápidas de unidades de información relativamente elementales, sino que requieren procesos lógico-formales intencionados (inferencias controladas generadoras en la terminología de Kintsch): es decir, la mayor parte de las inferencias que el aprendizaje de la ciencia requiere son elaboraciones.

Los textos didácticos son discursos y, como tales, están organizados temporalmente para adecuarse al proceso de lectura. La información científica contenida en ellos aparece de modo secuencial y los vínculos locales entre ideas contiguas pueden ser fácilmente contruidos y explicitados. Pero la comprensión profunda de las ideas expresadas implica algo más que ‘cadenas’ de ideas (muchas veces cadenas causales): implica ‘redes’ de ideas. Es decir, el lector se ve obligado a realizar inferencias de carácter no-local, es decir, entre ideas distantes en el texto, para poder tener una representación Modelo de las Situación adecuada. Estas elaboraciones son difíciles de realizar sin un

conocimiento previo importante y sin ayuda. Las pruebas de comprensión profunda de los contenidos científicos implican normalmente este tipo de inferencias elaborativas no-locales (inferencias globales).

Es decir, la comprensión de la Ciencia (de sus principios, sus teorías y modelos) a través de textos exige un nivel suficientemente alto de comprensión lectora. Es decir, se exige capacidad suficiente en la memoria de trabajo para manejar varias unidades de información simultáneamente para vincular entre sí ideas complejas propias de la Ciencia; se exige capacidad para inferir consecuencias y explicar fenómenos. Se exige capacidad para controlar las inferencias que es necesario realizar y cuáles de ellas conducen a conocimiento correcto.

Diferentes tareas se solicitan normalmente a los estudiantes para evaluar el aprendizaje de la información suministrada. Las pruebas más comunes para medir la comprensión profunda de las ideas científicas son la *resolución de problemas* (con enunciado) y las *preguntas inferenciales*. Cuando se pretende resolver un problema (cuya solución no se conoce de antemano) es necesario traducir el enunciado del lenguaje natural al lenguaje de la ciencia en juego (es decir, en términos de principios, leyes, atributos de alguna teoría o modelo) en un proceso de abstracción y generalización (mecanismos inductivos), para luego elaborar inferencias predictivas a partir de los principios generales, las teorías o las hipótesis. El modo en que se elaboran las predicciones a partir de ello es, normalmente, la lógica formal (mecanismos deductivos). Aplicar principios y leyes a situaciones nuevas es típico de los problemas académicos propuestos en las aulas para evaluar el aprendizaje. Como vemos, la exigencia cognitiva (al menos pretendida) de estas tareas, asociada con la comprensión, es que los sujetos realicen inferencias predictivas adecuadas. Sin embargo, en muchas ocasiones la resolución de problemas se realiza mediante transferencia analógica. En este caso, la situación nueva presentada se vincula directamente

con otras anteriores aprendidas y el proceso de generalización y abstracción no siempre se realiza. Los sujetos resuelven estos problemas realizando inferencias asociativas, usualmente más fáciles que las predictivas. Si este proceso analógico se produce, lo que se está evaluando como 'comprensión profunda' puede no serlo (puede bastar un '*mutatis mutandi*' para resolver correctamente).

Otra prueba característica de comprensión es resolver cuestiones inferenciales. Con ellas se pretende usualmente evaluar el nivel de dominio que tienen los estudiantes de los mecanismos causales enseñados. Por tanto el tipo de inferencias más habitual implicado en estas tareas son las explicativas: los sujetos deben vincular la información concreta contenida en la pregunta con antecedentes causales que aparecen en el texto de modo general; deben construir el vínculo específico entre la pregunta y las causas mediante inferencias (normalmente intra-texto).

En resumen, desde el punto de vista de la investigación en aprendizaje de la Ciencia nos preocupa conocer qué diferencias existen entre los sujetos que alcanzan una comprensión profunda del contenido científico expresado en un texto didáctico y aquellos que sólo alcanzan una comprensión superficial del mismo. ¿Por qué unos sujetos son capaces de construir representaciones Modelo de la Situación ricas, densas (muchos vínculos entre unidades de información) mientras otros construyen Modelos de la Situación pobres?

En función de lo estudiado en este capítulo las razones de las diferencias en el procesamiento de la información podrían resumirse en:

1.- Diferencias en el conocimiento previo. La Ciencia es compleja y no es fácil aprender mucha información a la vez. Es más fácil comprender nueva información cuando se poseen esquemas de conocimiento amplios en los que subsumir la nueva información, y darle sentido y utilidad.

2.- Diferencias en la capacidad para realizar inferencias (globales y locales). Es más fácil comprender cuando se es capaz de vincular unidades de información diferentes en el texto para crear nuevo conocimiento. La capacidad de procesamiento limitada en la memoria de trabajo exige la aplicación de macrorreglas para generar macroideas, la mayor parte de las veces por elaboración. Asimismo es importante poder realizar inferencias para relacionar información del texto con otra procedente del conocimiento previo. Asociar, Explicar y Predecir son los 3 tipos de inferencias características en la comprensión de un texto expositivo.

3.- Diferencias asociadas con las metas del estudio. Es más fácil alcanzar una comprensión profunda del contenido cuando ello es una meta del estudio. Las tareas propuestas junto a la información suministrada ayuda a alterar estas metas. Proponer problemas y cuestiones inferenciales mejora la construcción de un buen modelo mental de la información.

4.- Diferencias procedentes de los niveles personales en capacidades básicas como comprender la información escrita (comprensión lectora), deducir utilizando las reglas lógicas, manejar segmentos de información para realizar tareas, percibir los puntos en donde falla la comprensión y tratar de solucionar el problema (control de la comprensión), etc.

En este trabajo de tesis doctoral estudiamos estas 4 razones diferenciales en 3 experimentos diferentes.

La influencia del Conocimiento Previo (cuya revisión en niveles educativos de secundaria y universidad se realiza en el capítulo 2) y de la facilitación de las Inferencias Globales en el texto se estudia en el primero de los experimentos (capítulo 3) aunque está presente (replicación) en el segundo experimento también (capítulo 4). En este segundo experimento se exploran las diferencias en el rendimiento de los sujetos que pudieran proceder de su capacidad para manejar la información suministrada. Fijamos una tarea (para

fijar una meta) como es la de responder preguntas inferenciales (y alguna literal) y estudiamos el modo en que los sujetos manejan las unidades de información textual para tratar de construir las respuestas vía inferencia. Quizás alguna de las variables del proceso mismo de búsqueda de respuestas discrimine entre sujetos de alto o bajo rendimiento. Finalmente, en el Experimento III se manipula el texto junto con algunas preguntas para estudiar la influencia de dos capacidades básicas de los estudiantes sobre la comprensión de textos de ciencias: el nivel de comprensión lectora y el nivel de control de la comprensión.

CAPÍTULO II

EL APRENDIZAJE DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES

CAPÍTULO II

EL APRENDIZAJE DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES

1. Estudios previos sobre Ideas Alternativas y Esquemas Conceptuales en Biología

El estudio de las ideas alternativas de los alumnos sobre la naturaleza de la Ciencia ha sido un eje central de investigación a lo largo de estas últimas décadas (Vienott, 1979; Driver et al, 1989; Pozo, 1996; Campanario y Otero, 2000).

Las investigaciones se centran por un lado en caracterizar las ideas previas y por el otro, valorar hasta que punto estas pueden ser modificadas mediante el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. La investigación entorno a las ideas previas, facilitó que se cuestionara el modo de enseñanza tradicional y se comenzasen a evaluar los principales modelos educativos existentes hasta el momento, lo que permitió que se esbozasen nuevos modelos de enseñanza que facilitarían un aprendizaje significativo de los conceptos científicos en el aula. Esto originado en gran medida por la recomendación de Ausubel y sus colaboradores (Ausubel et al, 1983) cuando afirmaban: *“los alumnos desarrollan ideas sobre su mundo, construyen significados para las palabras que se usan en ciencia y despliegan estrategias para conseguir explicaciones sobre cómo y por qué las cosas se comportan como lo hacen”*. Para el caso concreto de la Biología, Lawson (1988) señala que el resultado logrado por la enseñanza de la biología convencional es con frecuencia la repetición de las frases o ideas emanadas de la “autoridad” (profesor o el mismo libro de texto).

Durante una primera etapa, las ideas alternativas y los errores conceptuales que éstas producían a la hora de resolver problemas en la escuela, eran concebidos como obstáculos que había que superar para lograr un aprendizaje. Sin embargo, tras los resultados obtenidos en las diferentes investigaciones se vio que las concepciones alternativas de los alumnos se hallan integradas en la mente formando esquemas conceptuales complejos, dotados de una cierta coherencia interna. Se llega así a entender estas concepciones no como un impedimento, sino como un instrumento útil para favorecer el aprendizaje. (Driver et al, 1989)

Han sido muchas las aportaciones desde la investigación didáctica, sobre concepciones alternativas al proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Biología, centradas, fundamentalmente, en caracterizar y evitar la aparición de las mismas. De este modo encontramos que en el campo de la fisiología animal y humana, existen investigaciones que muestran las concepciones alternativas sobre nutrición y la persistencia de la idea de este proceso como un simple tránsito por el tubo digestivo, obviando su relación con la respiración en la oxidación de los nutrientes, por ejemplo. (García y Martínez, 2006).

En cuanto a fisiología vegetal, Charrier et al (2006) han realizado una revisión entorno a las concepciones alternativas sobre los procesos de fotosíntesis y respiración celular, en el contexto de nutrición, y señalan la persistencia de las siguientes ideas:

- a. Gran parte de los estudiantes de ciencias naturales, sobre todo alumnos de primeros cursos, piensan que las plantas obtienen todo su alimento del suelo por medio de las raíces.
- b. Atribuyen funciones a la clorofila lejanas al modelo científico, evidencian una imagen simplista, en la que sirve únicamente para dar

color a las hojas, sustancia que atrae la luz y sirve de protección, o como alimento, entre otras.

- c. Se mantienen en los estudiantes concepciones del saber popular, tales como: *no se puede dormir con plantas en la habitación porque consumen oxígeno*. Se trata de construcciones personales, pero que se manifiestan en alumnos de ciencias naturales de distintas edades, que posee coherencia para los sujetos y que son utilizadas con éxito en contextos cotidianos.
- d. Mantienen la idea de la respiración como intercambio de gases, exclusivamente, no atribuyéndole función en la nutrición.

Por otro lado, Ayuso y Banet (2002b) exponen la incidencia de las ideas alternativas de los estudiantes de secundaria sobre localización, transmisión y cambios de la información hereditaria, caracterizando dichas ideas en tres líneas fundamentales:

a.- *Localización de la Información*: Los sujetos manifiestan concepciones erróneas entorno a las células sexuales y los cromosomas, identificando las primeras como cromosomas sexuales, concibiendo que se trata de una misma cosa y no los gametos como los portadores de cromosomas. Llegando a plantear que únicamente las células sexuales poseen información hereditaria y genes, no relacionando la presencia de DNA y cromosomas en el resto de células con la posibilidad de portar información hereditaria.

b.- *Transmisión de la Herencia Biológica*: En este modelo, relacionado con el anterior, los sujetos manifiestan concepciones simplista de la herencia, centrada únicamente en los gametos como los elementos exclusivos en la transmisión y que sólo puede ser heredada por otras células sexuales.

c.- *Cambios en la información hereditaria-Mutaciones*: En este caso, los alumnos manifiestan la idea de mutación como respuesta de los organismos a

modificaciones medioambientales que amenazan su supervivencia, evitando la extinción de su especie.

Según estos autores, entorno al tema de herencia genética, encontramos un marcado origen explicativo con objeto de dar significado a las actividades cotidianas, intentando encontrar un por qué a las cosas naturales que les rodean. Algunas de las razones parten desde ámbitos tan diferentes como los medios de comunicación y el ambiente familiar, ya que, desde edades tempranas, y sin haber sido instruidos sobre contenidos de genética, ya poseen explicaciones sobre los aspectos más elementales, resolviendo los problemas planteados, con un carácter opuesto a una metodología científica, principalmente por su simpleza, suposiciones provenientes del saber popular que les permiten dar explicaciones en contextos cotidianos con éxito.

Otras investigaciones en el campo de la Biología, enfatizan que el origen de las concepciones alternativas de los alumnos no puede encontrarse únicamente fuera del ámbito escolar, sino también en él. Hay una tendencia a transmitir concepciones alternativas mediante los libros de texto, las actividades que se realizan, e incluso en ocasiones en la falta de formación del profesorado cuando se enfrentan con nuevas situaciones. En esta línea de trabajo, encontramos dificultades, por ejemplo, en el concepto de *adaptación* (Gándara et al, 2002; Ibarra y Gil, 2005), los procesos de descomposición y reciclado de materiales (Carrasquer, 2001), y el concepto de *respiración celular* (Charrier et al, op cit.), entre otros. En estas investigaciones se señalan las dificultades que se observan en el saber científico para concretar y definir conceptos que son relevantes, los cuales se trasponen a los libros de texto y a las aulas con significados diferentes y descontextualizados.

Es obvio pensar, por ejemplo, que cuando los conocimientos científicos se van haciendo más abstractos y surge la necesidad de usar modelos y analogías

para su explicación, puede potenciar la aparición de concepciones alternativas. Así, en la investigación realizada por Ibarra y Gil (2005) sobre el concepto de ecología que se muestra en los libros de texto, encontraron que en la mayoría de éstos la explicación de la dinámica del ecosistema aparece excesivamente simplificada, en cuanto a los procesos de sucesión que tienen lugar en él (referidos a los cambios en la estabilidad, la complejidad, la madurez y el clímax del ecosistema). Esta simplificación produce que los alumnos interpreten la sucesión en los ecosistemas como un proceso hacia la estabilidad y también hacia la complejidad, en definitiva, contribuye a reforzar la idea teleológica de los alumnos acerca de la naturaleza como “algo” que tiende a mejorar, potenciando concepciones alternativas.

En otra línea de investigación encontramos que los estudiantes son parcialmente conscientes de las contradicciones existentes en sus esquemas de conocimiento, pero que la capacidad de integrar los datos y conformar una explicación coherente y completa varía en función de la edad. Esto lo demostraron Limon y Carretero (1997) en un estudio realizado con estudiantes de diferentes edades abordando el tema del origen de la tierra. En este estudio, encontraron que cuantos más jóvenes eran, menor era el número de alumnos capaces de ser conscientes de contradicción, cuando se les presentaban datos anómalos y confirmativos.

En definitiva, los alumnos mantienen dos esquemas conceptuales: Por un lado, están sus conocimientos útiles en un ámbito académico (resuelven problemas, ejercicios y exámenes) y por otro lado el esquema que les ayuda a interaccionar con el medio que les rodea. Caravita y Hallden (1994) encontraron cómo los estudiantes de bachillerato tras el estudio del tema de la evolución, integraron parte de los nuevos hechos presentados de la teoría darviniana y neodarviniana a sus esquemas conceptuales que ya tenían, pero

mantenían explicaciones erróneas a la hora de ser aplicados en la solución de problemas concretos.

Sin embargo, a pesar de la multitud de investigaciones realizadas, un análisis temático de las investigaciones entorno a las ideas previas de los alumnos de Biología, muestra la existencia de algunos campos de estudio (genética, seres vivos, etc.) en los que el número de trabajos es mucho mayor que en otros campos como es el caso de la Evolución y la selección natural. Dado el papel relevante que la teoría de la evolución ocupa en la enseñanza de la biología y la dificultad manifiesta de los alumnos en comprender los mecanismos neodarwinianos de la Evolución (Demastes et al, 1996; Gandara et al, 2002), pasaremos a desarrollar los estudios precedentes que acerca de las ideas alternativas sobre el tema de Evolución de las especies se han realizado.

1.1. Análisis de las Ideas Alternativas sobre el concepto de La Evolución

La existencia de concepciones alternativas en las estructuras mentales de los alumnos entorno al tema de la Evolución, ha sido documentada tradicionalmente, ligada a las ideas sobre conceptos de Genética, dada su interrelación. Las representaciones han sido agrupadas en torno a la *variabilidad y herencia*, así como a la *selección natural y adaptación*. De esta forma, según Jiménez-Aleixandre (1989) los grandes problemas sobre las ideas alternativas que poseen los alumnos sobre la evolución se pueden resumir en:

- 1.- La ambivalencia del término “adaptación” que designa simultáneamente un proceso y el resultado final logrado en el proceso. Con frecuencia se habla indistintamente de adaptación, en sentido evolutivo, (filogenético) y de adaptación ontogénica. También, esta autora, basándose en

los estudios de Jungwirth (1975), apunta cómo las expresiones teleológicas eran escogidas en mayor proporción que las factuales, y que, incluso en alumnos universitarios, la proporción de sujetos que seleccionaban una respuesta factual, no llegaba al 50 %.

En un estudio sobre el concepto de “adaptación biológica” en los textos de secundaria, Gandara et al (2002) encontraron que dentro del contexto evolutivo, el término *adaptación* es utilizado por igual para la conquista de nuevos ambientes como para las divergencias evolutivas, e incluso en ocasiones ni siquiera es nombrado en la teoría. De esta forma, se potencia en los alumnos concepciones espontáneas e interpretaciones ambiguas, dada la carencia de explicitación clara de reglas de inferencia y de criterios claros para definir la adaptación de los seres vivos. Dichos autores concluyeron que existe la transmisión de un modelo conceptual erróneo, entendiendo la adaptación como el único medio de supervivencia y que por tanto se produce porque es necesario para vivir.

2.- *El fenómeno de la evolución*: Todos los alumnos poseen el concepto de evolución como fenómeno, manifestando que los animales del pasado eran diferentes de los actuales y existe una relación entre ellos. Sin embargo, la comprensión del concepto varía mucho entre episodios inconexos y cierta percepción de la escala del tiempo, al tratar de explicar las relaciones entre los distintos grupos de animales, utilizando el fenómeno evolutivo. Taylor, Ch. (2007) en un estudio realizado con alumnos que se enfrentan por primera vez al tema de evolución, en el contexto escolar, encuentra esta diversidad en el nivel de entendimiento. Dicha autora, señala la importancia de tomar en cuenta esta diversidad en el alumnado a la hora de diseñar materiales y actividades.

3.- *Existencia y causa de la Evolución:* En este aspecto, los alumnos manifiestan la confrontación entre ideas religiosas y científicas. Los estudiantes utilizan las explicaciones teológicas y sus creencias personales a la hora de explicar los mecanismos evolutivos y los cambios en el mundo natural que les rodea. Generalmente utilizan el destino o la existencia de un fin en el cambio que se produce (conceptos teleológicos) para explicar las razones de por qué las especies cambian o cómo se producen estos cambios. En esta línea, Samarapungavan y Wiers (1997) en un estudio realizado con alumnos de secundaria sobre el pensamiento acerca del origen de los organismos vivos, resaltan que: las concepciones de los sujetos, pueden compararse con la evolución histórica de las diferentes teorías biológicas acerca del origen de las especies, mostrando cuatro esquemas básicos de concepciones alternativas:

a) *Sujetos No-Evolucionistas:* Categoría en la que se incluyen alumnos que mantienen concepciones sobre el origen de los organismos, cercanas al pensamiento Griego: “*todas las formas son eternas e inmutables*” y/o ideas *Creacionistas*, manteniendo que Dios creó todas las formas vivas, asignando la intervención divina en la creación de todas las formas vivientes. Estos esquemas conceptuales consideran las especies como “entes naturales”, atribuyéndoles una esencia invariable a través del tiempo y mantienen que todos los seres vivos se diseñaron para ajustarse perfectamente al medio ambiente y tienden a la percepción (Teoría Aristotélica: *Scala Naturae*). La persistencia de estas concepciones coinciden con las ideas mostradas por científicos que no lograban aceptar un Creador que dejaba en manos del azar los destinos del mundo orgánico. Ese Creador chocaba frontalmente con la idea del Dios sabio, bondadoso y previsor que los textos sagrados proclamaban.

b) *Sujetos Híbridos*: Son aquellos sujetos que manteniendo concepciones no-evolucionistas, aceptan la creación de nuevas especies mediante la reproducción sexual y la aparición de especies con características intermedias. Dentro de esta categoría, los autores engloban a los sujetos que manteniendo ideas semejantes a los anteriores, aceptan la existencia de nuevas especies provenientes de la reproducción entre especies existentes.

c) *Micro-Evolución*: Se trata de un modelo de concepciones alternativas en los sujetos, modificadas del anterior. Estos sujetos aceptan pequeños cambios dentro de las fronteras que marca cada especie desde un antecesor. Admiten la existencia de cambio en respuesta a la presión ambiental.

d) *Macro-Evolución*: Aquí se engloban los sujetos que defienden la idea de la existencia de cambio en las especies desde un antecesor común. Estos autores, dentro de esta categoría engloban a los sujetos que muestran ideas lamarckianas del mecanismo evolutivo, como aquellos que utilizan teorías darwinianas de la evolución.

Por otra parte Abrams (2001) señala que hay que distinguir “el porqué” tiene lugar el cambio en las especies del “cómo ocurre”. Esta autora seleccionó un total de 287 alumnos de diferentes partes de Estados Unidos, los que fueron entrevistados de manera individual. Las entrevistas consistieron en mostrar cuatro fotografías: 1.- una planta de judías creciendo frente a una ventana 2.- dos lagópodos alpinos (*Lagopus muta*) uno en verano con el plumaje marrón y otro en invierno con plumaje blanco 3.- un grupo de aves volando en formación de V y 4.- un cactus. Junto a las fotografías existían unas preguntas fijas (referidas a: qué es lo que aparece en la foto, cómo ha ocurrido lo que aparece, si el cambio era bueno y si el ser vivo era consciente del cambio), posteriormente se reformulaba la pregunta en función de la respuesta del sujeto. Los resultados obtenidos mostraban que los alumnos

poseen esquemas acerca del porqué se produce el cambio en las especies, pero obvian el modo en que se ha producido el cambio: se conforman con dar explicaciones de la causa por la que un ser vivo es tal y como lo vemos actualmente, apuntando a que la enseñanza tradicional del evolucionismo biológico enfatiza en dar explicaciones del por qué se produce el cambio olvidándose de los mecanismos. Para estas autoras es fundamental comenzar a ayudar a los alumnos a distinguir entre el cómo se produce la evolución en los seres vivos y el porqué y permitir que ellos vean la utilidad del conocimiento biológico en la respuesta a cada una de estas preguntas, lo que potenciará su alejamiento de concepciones triviales o teleológicas para los mecanismos biológicos de la evolución.

En una investigación reciente, realizada con alumnos de distintos niveles educativos de secundaria, Schilders y colaboradores (2007), encuentran que algunos estudiantes están poco dispuestos a aceptar la noción de evolución, porque sienten que dicha teoría contradice sus creencias religiosas; la aceptación de la teoría neodarwiniana de la evolución causa conflictos, ya que el concepto de evolución tiene significados diferentes en un contexto cotidiano o en un ámbito escolar. Estos autores señalan además que, generalmente, los alumnos, utilizan el destino o la existencia de un fin en el cambio que se produce para explicar las razones de por qué las especies cambian o cómo se producen estos cambios. Grau y De Manuel (2002) también señalan la persistencia en los alumnos de atribuir a todo fenómeno natural una causa final. Esta direccionalidad puede encontrarse en la interpretación de los cambios o innovaciones que aparecen a lo largo de la evolución, de los que se afirma que surgen como respuesta a una necesidad de supervivencia del organismo. De un modo más general, se concibe que todo ser vivo coordina sus cambios de manera consciente hacia una meta global (sobrevivir o dejar

descendencia). En consonancia, aparece la inadecuada comprensión de los aspectos probabilísticos del proceso evolutivo, sobre todo en Secundaria. Los hechos sucedidos se consideran más bien como inevitables, no como una de las posibles líneas de evolución. Los adolescentes tampoco identifican el papel del azar en el contexto de la evolución.

4.- *El Proceso de cambio: Selección.* Los estudiantes tienen un concepto de selección, en cuanto a que algunas especies, de otros tiempos, tienen descendientes en la actualidad y otras no; pero siempre referido al nivel interespecífico y sólo algunos de los alumnos mayores son conscientes de la selección intraespecífica y ponen el acento en la supervivencia más que en la extinción. (Grau y De Manuel, 2002)

5.- *Herencia:* Carencia de una comprensión real de conceptos válidos acerca de la fuente de variación entre los organismos; su concepto de herencia es simplemente la transmisión de características de una generación a otra, y explican el cambio animal en términos lamarckistas. A pesar que los libros de secundaria obligatoria marcan específicamente un rechazo a la teleología interna sobre el mecanismo evolutivo presente en la teoría propuesta por Lamarck, es decir, el carácter intencional atribuido a los seres vivos en la herencia de sus caracteres adquiridos, dicha afirmación pierde fuerza por la falta de explicitación de qué es adaptación y qué es lo que se hereda y lo que se adquiere a lo largo de la vida del organismo, así como la ausencia de una genética ecológica y de un correcto modelo de desarrollo ontogenético. (Gandara et al, op cit.)

6.- *La ausencia del concepto de variabilidad* y por tanto de las relaciones entre variabilidad, selección y herencia. Grau y De Manuel (2002) señalan que las ideas en este aspecto evolucionan con la edad y las experiencias. De esta forma los alumnos de primeros cursos, no mencionan la variabilidad dentro de

una misma especie y centran la herencia de los caracteres en términos lamarckianos (uso/desuso), mientras que en cursos más avanzados identifican una influencia ambiental e incluyen el término “mutación” y “genes”. No obstante, existe controversia en este punto, dado que, aunque señalan estos aspectos no está bien establecido el concepto de variabilidad, herencia y mutación en la mayoría de alumnos, alejándose de concepciones científicas correctas.

7.- *La presencia de interpretaciones lamarckistas y naturalistas:* En el estudio que realizaron Bishop y Anderson (1990), mostraron cómo numerosos estudiantes universitarios, tras su paso por un Bachillerato Científico, mantenían modelos lamarckianos para describir los mecanismos evolutivos de las especies. Esto apunta hacia la gran resistencia de las ideas alternativas entorno al tema de la evolución que presentan los alumnos. Según Demastes y otros (1995), al no entender el concepto, los sujetos responden de manera científica repitiendo literalmente lo que han estudiado, pero en contextos cotidianos reproducen modelos aprendidos ajenos a concepciones científicas.

Junto a lo anterior, encontramos, los estudios de Skoug y Biolica (2002), que han evidenciado las dificultades que presentan los estudiantes en interiorizar la teoría evolutiva y el mecanismo por el que se produce. Más aún, hay autores que señalan, además, que la enseñanza tradicional no ha facilitado el aprendizaje de conceptos evolutivos (Demastes y otros, 1995) y que incluso tras finalizar su formación, los estudiantes presentan errores conceptuales sobre la evolución (Greene, 1990). Dentro de esta línea, Blackwell et al (2003) señalan cómo es esta teoría la que mayores dificultades presenta entre los alumnos, mucho más que la teoría cinética o la teoría atómica, por ejemplo, dado que penetra en un campo de creencias personales de los sujetos que en ocasiones se encuentran fuertemente arraigadas, mucho más que cualquier otra

teoría científica. Los autores seleccionaron alumnos universitarios y los dividieron en dos grupos: un primer grupo compuesto por 74 alumnos no de ciencias y un segundo grupo compuesto por 51 alumnos de la carrera de Biología. Los resultados que obtuvieron tras pasar el mismo test en ambos grupos fueron muy similares, por ejemplo, en aquellas preguntas enfocadas a evaluar la concordancia entre las creencias personales y las concepciones científicas, encontrando un 26,6% de respuestas correctas para el primer grupo y 29,2% para el segundo. En cuanto a las preguntas que buscaban una aplicación práctica de los mecanismos evolutivos (el cuestionario utilizaba la evolución de los perros), se encontraron niveles idénticos de respuestas en cuanto a la aceptación que se trataba de un hecho evolutivo (71,9% para el primer grupo y 81,3% para el segundo), sin embargo, el porcentaje se reducía cuando se evaluaron las preguntas referentes al mecanismo evolutivo de una especie o un gran grupo, y por supuesto en el caso del hombre, en los que se encontraron porcentajes en torno al 30% para ambos.

8.- *Causación espontánea*: El modelo causal supone que un agente externo provoca en el organismo de forma inmediata una adaptación, identificando una causalidad en el mecanismo evolutivo. Dentro de este apartado, se incluye la idea de la existencia de una direccionalidad del cambio, que se traduce en que el medio influye en el cambio de las especies “dirigiendo” la información genética para lograr sobrevivir, por ejemplo, el caso típico de la resistencia a antibióticos.

En lo referente a este aspecto, Grau y De Manuel (2002) señalan la persistencia en los alumnos de atribuir a todo fenómeno natural una causa final, así esta direccionalidad puede encontrarse por la interpretación de que los cambios o innovaciones que aparecen a lo largo de la evolución surgen como respuesta a una necesidad de supervivencia del organismo o, de un

modo más general, todo ser vivo coordina sus cambios de manera consciente hacia una meta global (sobrevivir o dejar descendencia). En una investigación más reciente, realizada con alumnos de distintos niveles educativos, González et al (2005), lograron concretar aún más y categorizar las ideas alternativas a partir de las cuales sugieren trabajar para lograr mejorar la enseñanza de la teoría de la evolución, son: a) *Teleológica*: Encontraron que persiste en los alumnos la creencia de un principio intrínseco en la naturaleza que dirige a todos los organismos hacia una perfección, hacia la supervivencia, respondiendo a un plan preestablecido que determina la supervivencia. b) *Necesidad*: Se encuentra ampliamente extendida la idea de necesidad como detonante para el cambio en las especies.

Por último, los alumnos, no logran distinguir entre individuos y poblaciones y, por supuesto, tampoco entre tiempos ontogenéticos y filogenéticos.

Los modelos alternativos identificados en los alumnos, dificultan la construcción de teorías científicas escolares acordes con el actual modelo neodarwiniano de evolución. Sabemos que la evolución es un tema central en la comprensión de la Biología en la actualidad. El comprender mínimamente el mecanismo evolutivo, permite acceder a otra serie de conceptos tales como: la clasificación de las especies, los ecosistemas o el flujo de materia y energía en los mismos. Además, el disponer de un marco conceptual correcto sobre la Evolución y la herencia genética, permite a los alumnos lograr entender los últimos avances en el campo de la biotecnología (alimentos transgénicos, genoma humano, clonación, etc.) y las implicaciones sociales que éstas conllevan. (Banet y Ayuso, 2003).

2. Estudio del conocimiento sobre evolucionismo biológico en la población culta no especializada

Como hemos visto, las investigaciones presentadas, muestran claramente que la evolución y los mecanismos evolutivos son un tema que crea mucha dificultad entre los alumnos. Por tanto, al iniciar este estudio nos planteamos qué es lo que realmente conocen los alumnos sobre el tema de la Evolución de los Seres Vivos. Se hace necesario, en primera instancia, crear un punto de acercamiento a la cultura general entorno al tema de la evolución que poseen actualmente los alumnos. En definitiva, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Las explicaciones de los estudiantes sobre el cambio de los seres vivos se corresponden con las aceptadas por la comunidad científica, o se encuentran alejadas?

Nuestro objetivo principal es: averiguar qué conceptos se mantienen en la memoria a largo plazo de la población culta no especialista en el tema de evolución biológica, para centrar los aspectos claves sobre los que debemos trabajar durante la formación escolar. Con objeto de alcanzar este objetivo, se realizó un primer estudio entre la población con cultura general elevada (es decir, con capacidades intelectuales suficientes para haber logrado con éxito una titulación de bachillerato) pero no especialista, donde se analizaron los conocimientos básicos y los posibles errores conceptuales sobre el tema de evolucionismo biológico. Nuestra intención, fue detectar los focos principales de dificultades en la comprensión del tema, a un nivel básico, y el nivel de conocimientos previos existente en dicha población, y comparar con lo que refleja la literatura especializada, con el fin de seleccionar y manipular los materiales textuales de acuerdo con este conocimiento previo.

Debemos señalar que la elección del tema, dentro del amplio espectro que nos ofrece la Biología, se debe a la actualidad y repercusión social de problemas relacionados con estos temas, tales como la evolución de las especies y el origen de la vida en el planeta. Son temas que se encuentran muy presentes y en la mayoría de los casos son tratados de manera simplista y alejada del conocimiento científico, por lo que conforman en nuestros alumnos una imagen distorsionada del mecanismo evolutivo y del concepto mismo de evolución. Esta situación contribuye a dificultar el cambio conceptual de nuestros alumnos acerca de este tema.

2.1. Muestra

La muestra estuvo formada por un total de 87 sujetos no especialistas en ciencias experimentales, un grupo de estudiantes de la optativa de libre opción *Didáctica de la Geografía*; y un grupo de estudiantes de tercero de Magisterio en la asignatura de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural; se trató de una muestra de conveniencia y no hubo muestreo. Pese a ello, las características de los sujetos no se diferencian en ningún factor importante de otros alumnos universitarios no especialistas. Se trata de sondear a un amplio espectro de sujetos con objeto de acceder al mayor número de esquemas conceptuales distintos acerca del tema. La media de edad de todos los sujetos se situó entre 20 a 22 años. Ninguno de estos sujetos universitarios estudió el tema después de acabar la Secundaria y, por supuesto, no formaba parte de sus estudios actuales. Por tanto se sometieron al estudio voluntariamente, sabiendo que sus respuestas no pueden ser objeto de evaluación académica.

2.2. Materiales

El cuestionario, se configuró teniendo como referencia los errores conceptuales más generalizados entre los alumnos sobre Evolución, recogidos en la revisión bibliográfica expuesta anteriormente, y el modelo de prueba diagnóstica para revelar ideas alternativas sobre evolución, propuesto por Bishop y Anderson (1985). En este estudio, los autores proponían actividades prácticas de laboratorio y de aula que nos sirvieron para enfocar las preguntas de conocimiento previo (CP). De todas las ideas expuestas, centramos los cuestionarios en indagar fundamentalmente acerca de:

1. La demostración de la existencia de la evolución en sí misma. Es común encontrar entre los alumnos la idea de la insuficiencia de la mutación y la selección natural para explicar el desarrollo de todas las clases de seres vivos.
2. El mecanismo evolutivo. Dentro de este apartado es común encontrar entre los alumnos ideas lamarckianas en el mecanismo evolutivo y la transmisión de caracteres, desechando la mutación y el azar en dicho proceso. Por otra parte, suelen equiparar el mecanismo de evolución a un proceso de progreso, explicando que, aquellos organismos más evolucionados son los más perfeccionados. Atribuyendo al mecanismo evolutivo un fin para alcanzar la perfección.

Se diseñó un primer cuestionario de validación compuesto por diez preguntas de opción múltiple, en la que solamente una era correcta. Fue seleccionada una muestra de 47 sujetos para realizar dicha validación. La

estructura de las preguntas buscó explicitar su pensamiento inicial y confrontarlo con experiencias prácticas. Se plantearon ejemplos concretos (i.e. las muelas del juicio, el DDT) imprescindibles para que el sujeto ubique el problema y ver si aplica ideas alternativas para resolverlo. Los sujetos debían señalar en cada pregunta si estaban o no en desacuerdo con la cuestión planteada, señalando con una cruz en el lugar correspondiente, tal y como se muestra en la Figura 1. Así, por ejemplo, para evidenciar el caso de la persistencia de ideas lamarckianas sobre el mecanismo evolutivo, se colocaron tres ejemplos distintos, separados entre sí (preguntas 3,5, 7 y 10), de forma que desde diferentes enfoques se abordase una misma idea, esto también ocurre para el caso de identificar el concepto de evolucionismo biológico con el concepto de progreso o aumento de complejidad exclusivamente, en el que encontramos las preguntas 4 y 8. Con objeto de poner en evidencia la existencia de ideas no evolucionistas, se diseñaron específicamente las pregunta 1 y 9, también utilizando redacciones diferentes y separadas espacialmente. En cuanto a las ideas creacionistas, se incluyeron las preguntas 2 y 6 en las que se pone como ejemplo dos órganos “complejos” el ojo y el oído.

CUESTIONARIO I.
IDEAS ALTERNATIVAS SOBRE EVOLUCIÓN

Nombre: _____ Edad: _____

Bachillerato en Ciencias (SI/NO): _____ ¿Has estudiado Biología antes?
(SI/NO): _____

POR FAVOR, CONTESTA CON LA MAYOR SINCERIDAD, INDICANDO SI ESTÁS A FAVOR O EN CONTRA, SEGÚN TU CRITERIO.

1.- Desde su origen, todas las especies de seres vivos han sido siempre tal y como las conocemos hoy y no han cambiada a lo largo de millones de años. Por ejemplo, los caballos han sido siempre tal como los conocemos, al igual que los pinos o que las moscas.

De acuerdo

En desacuerdo

2.- Aparatos como relojes, ordenadores, etc., están formados por muchas piezas que se necesitan unas a otras. El aparato se construye de una sola vez con todas las piezas necesarias funcionando coordinadamente. Ahora pensemos en un órgano tan complejo como un ojo, formado por muchas piezas (iris, cristalina, retina, nervio óptico, etc.), funcionando coordinadamente todas a la vez. Es imposible explicar su existencia a partir de la acumulación progresiva de elementos, por azar, a lo largo de millones de años.

De acuerdo

En desacuerdo

3.- La cola de los gorilas desapareció hace muchos miles de años. Esto no se ha producido porque los antecesores de los gorilas actuales no necesitaran la cola y no la usaran, sino porque, por azar, algunos individuos mutantes, nacieron sin cola y tuvieron más éxito reproductivo que el resto. Los hijos heredaron esta anomalía, continuaron teniendo más éxito que los individuos con cola contra los que competían por los recursos. Al final, los individuos con cola desaparecieron.

De acuerdo

En desacuerdo

4.- No hay seres más perfeccionados que otros, ni hay seres superiores a otros. Por ejemplo, los escarabajos y los humanos son especies que están igualmente evolucionadas.

De acuerdo

En desacuerdo

5.- El DDT fue un insecticida ampliamente usado. Luego de unos años de uso intensivo, el DDT perdió su efectividad sobre los insectos. La explicación es la siguiente: la larga exposición de los insectos al DDT hace que éstos desarrollen defensas contra este insecticida, volviéndose inmunes

De acuerdo

En desacuerdo

6.- El oído de cualquier animal es muy complejo, pero se ha formado poco a poco, acumulando modificaciones a lo largo de millones de años, cada una de las cuales aumentaba el éxito reproductivo del ser vivo que poseía este órgano

De acuerdo

En desacuerdo

7.- El hombre no realiza un empleo frecuente y continuo de las muelas del juicio, y por tanto la ausencia constante de su uso, las debilita y retrase su aparición o incluso no salen. Este desuso de las muelas del juicio potenciará su atrofia, lo que llevará a que desaparezcan en futuras generaciones.

De acuerdo

En desacuerdo

8.- Los seres vivos menos evolucionados son las bacterias y otros seres microscópicos, luego las plantas, después los invertebrados, después los vertebrados y, finalmente, el hombre, que es el más evolucionado de todos los seres vivos.

De acuerdo

En desacuerdo

9.- La existencia de seres vivos tan diferentes como un ser humano y un gusano, por ejemplo, indica la enorme variedad de seres vivos que habitan nuestro planeta. Sin embargo, todos ellos proceden de un antecesor común, muy sencillo, que surgió hace millones de años.

De acuerdo

En desacuerdo

10.- Sabemos que una vacuna contra el catarro se vuelve ineficaz al cabo de unos años. La explicación no es que las bacterias desarrollen defensas tras la aplicación de la vacuna, sino que ya existían algunas bacterias diferentes al resto e inmunes desde el principio a la vacuna, lo que les permite reproducirse mientras las demás mueren.

De acuerdo

En desacuerdo

Figura 1. Cuestionario I tal y como se mostró a los alumnos.

Tras esta primera parte de validación, se reestructuraron las preguntas cuya formulación era poco comprensible o que plantaban duda a la hora de responder por parte de los sujetos. Además aquellas alternativas de respuesta que fueron poco elegidas por los estudiantes, fueron eliminadas, conformando un segundo cuestionario semiabierto, compuesto por cuatro preguntas, al que respondieron un total de 40 sujetos. (Ver Figura 2).

En este segundo cuestionario la última opción permitía al sujeto dar una explicación propia, es decir, elaborada por el mismo, diferente de las opciones que mostraba la pregunta. Esta opción, buscaba que el alumno explicitase sus ideas, sus concepciones, para después compararlas y categorizarlas. Se trata de un cuestionario que nos permitiese tomar conciencia de los modelos conceptuales que actualmente se presentan en los alumnos y sirva para centrar nuestra investigación. Las preguntas seleccionadas para este segundo cuestionario, se centran en:

La primera pregunta, plantea una opción respuesta coincidente con un mecanismo evolutivo de las especies, semejante al propuesto en el siglo XIX por Lamarck, en el que la presión del ambiente produce que los seres vivos induzcan cambios que modifican su estructura y estos cambios se transmiten a los descendientes. En definitiva, busca la concepción alternativa de la intencionalidad en los cambios y la transmisión de los caracteres adquiridos a lo largo de la vida. Esta respuesta se opone a la respuesta “b” en la que aparece la existencia de variabilidad en las especies, y cómo las condiciones del ambiente no se mantienen constantes a lo largo del tiempo, lo que pone en peligro la supervivencia de algunos individuos, considera la ventaja de unos individuos frente a otros.

**CUESTIONARIO II.
IDEAS ALTERNATIVAS SOBRE EVOLUCIÓN**

Nombre: _____ Edad: _____

Bachillerato en Ciencias (SI/NO): _____ ¿Has estudiado Biología antes? (SI/NO): _____

**POR FAVOR, MARCA LA RESPUESTA CORRECTA, O ELABORA UNA SEGUN
TÚ CRITERIO. GRACIAS POR TU COLABORACION**

1.-El DDT fue un insecticida ampliamente usado hasta los años 60. Después de décadas de uso intensivo, el DDT perdió su efectividad sobre los insectos. La causa es la siguiente:

- a) La larga exposición de los insectos al DDT durante muchas generaciones hizo que su cuerpo desarrollara defensas contra el veneno. Cada generación de insectos era más resistente que la anterior hasta que se llegó a su total inmunidad.
- b) En la población mundial de insectos existían algunos pocos ejemplares que eran inmunes desde el principio a este insecticida. Al aplicar el DDT, el resto de insectos murieron pero ellos lograron proliferar.
- c) Ninguna de las anteriores explicaciones es correcta. (ESCRIBE LO QUE CREES CORRECTO PARA EXPLICAR EL HECHO)

2.-Hace millones de años, los antecesores de los seres humanos poseían cola, sin embargo esta desapareció, debido a que:

- a) Por necesidades de supervivencia, nuestros antecesores abandonaron los árboles, y en el suelo ya no necesitaban la cola y no la usaban. Generación tras generación, la cola se fue debilitando por falta de uso. Con el paso de muchas generaciones (millones de años) la cola se atrofió y finalmente se perdió.
- b) Como consecuencia de una anomalía en la reproducción, algunos individuos nacieron sin cola y tuvieron más éxito reproductivo que el resto. Los hijos que heredaron esta anomalía continuaron teniendo más descendencia que el resto por término medio. Al final, los individuos con cola desaparecieron.
- c) Ninguna de las anteriores explicaciones es correcta. (ESCRIBE TU PROPIA EXPLICACION).

Figura 2. Cuestionario II sobre Evolución tal y como se presentó a los sujetos.

3.-Considerando el conjunto de todos los seres vivos de la Tierra, desde un punto de vista puramente biológico podemos afirmar que:

- a) No hay seres vivos más perfeccionados que otros, ni hay seres más evolucionados que otros. Por ejemplo, los escarabajos y los humanos son especies que están igualmente evolucionadas.
- b) Existen diferentes niveles de evolución y perfección. Por ejemplo, las bacterias, las plantas o los gusanos están menos evolucionados que los mamíferos, siendo el Ser Humano el más evolucionado de todos los seres vivos.
- c) Ninguna de las frases anteriores es correcta. (ESCRIBE LO QUE CREES CORRECTO AL RESPECTO).

4.-Los ingenieros diseñan videocámaras de modo que cada pieza tiene una función. Una pieza por sí sola, no sirve para que la videocámara funcione y el agregar piezas no sirve de nada a no ser que estén todas y funcionen coordinadamente.

Ahora pensemos en un órgano tan complejo como un ojo, formado por iris, cristalino, etc. funcionando a la vez. ¿Cómo se habrá formado este órgano?

- a) El ojo debe haber surgido de una sola vez, seguramente debido a grandes mutaciones genéticas necesarias para que todos sus elementos esenciales estén presentes y funcionen al mismo tiempo.
- b) El ojo de los animales se ha formado poco a poco, por la acumulación paulatina y casual de modificaciones y componentes a lo largo de millones de años. Cada uno de estos cambios se debía a una pequeña modificación genética que aumentaba el éxito reproductivo del ser vivo que lo poseía y podía ser heredada.
- c) Ninguna de las dos anteriores me satisface. (ESCRIBE UNA EXPLICACION QUE TE SATISFAGA)

Figura 2(cont.). Cuestionario II sobre Evolución tal y como se presentó a los sujetos.

En la segunda pregunta se centra más el tema en torno a la teoría de Lamarck, mostrando una respuesta que, plantea la intención de los seres vivos por progresar de los seres vivos a través de un uso intensivo de algunas partes de su cuerpo u órganos, mientras que dejan de utilizar otros (en este caso la cola), por lo que finalmente, éstos últimos desaparecen por estar en desuso y finalmente la transmisión de esta modificación a los descendientes. La opción “b”, parte desde la variabilidad y da una respuesta relacionándola con la genética y la herencia biológica, explicando la ventaja que proporciona y por tanto cómo son seleccionados de manera natural.

En cuanto a la tercera pregunta, plantea dos respuestas que se oponen, la primera une los conceptos de Evolución Biológica y Progreso, idea alejada de una concepción científica actual, sin embargo se trata de una concepción que aparece frecuentemente en la historia del pensamiento biológico, y otra opción en la que separa claramente ambos conceptos, idea acorde con las concepciones actuales.

La última pregunta está enfocada a buscar la persistencia de ideas alternativas sobre el mecanismo evolutivo y el llamado “diseño inteligente” que considera que los sucesos azarosos no causan más que irregularidades y confusiones, contrarios *al maravilloso plan, orden y designio que se ven en el Universo y en los organismos vivientes*, lo que es imposible que surja de manera casual. Esta idea fue fundamentada por pensadores creacionistas y como hemos visto en el apartado anterior persiste en nuestros alumnos.

2.3. Resultados

En la tabla siguiente, se muestran los porcentajes de respuesta obtenidos para ambos cuestionarios, especificándolos por opción de respuesta.

Cuestionario I Ideas Evolución					N= 47
1. (A) 6%	2. (A) 55%	3. (A) 30%	4. (A) 21%	5. (A) 89%	
(D) 94%	(D) 45%	(D) 70%	(D) 79%	(D) 11%	
6. (A) 57%	7. (A) 81%	8. (A) 68%	9. (A) 72%	10.(A) 49%	
(D) 43%	(D) 19%	(D) 32%	(D) 28%	(D) 51%	

Tabla 1. Porcentajes de respuestas dadas al cuestionario 1. ‘A’: ‘de acuerdo’. ‘D’: ‘en desacuerdo’.

Cuestionario II Ideas Evolución				N= 40
1. a.-(LE) 90%	2. a.-(LU) 100%	3. a.-(DA) 15%	4. a.-(DA) 20 %	
b.-(DA) 10%	b.-(DA) 0%	b.-(PR) 85%	b.-(DI) 70%	
c.-(OL) 0%	c.-(OL) 0%	c.-(OL) 0%	c.-(OL) 10%	

Tabla 2. Porcentajes de respuestas dadas para cada cuestionario. ‘LE’: opción lamarckiana-esfuerzo por sobrevivir. ‘LU’: opción lamarckiana-uso y desuso del órgano. ‘DA’: opción aceptada por la Ciencia (neo-darviniana). ‘OL’: opción de libre respuesta. ‘PR’: opción que identifica ‘evolución’ y ‘progreso’. ‘DI’: opción que defiende el ‘Diseño Inteligente’.

En cuanto al cuestionario I, debemos resaltar el bajo porcentaje de respuestas correctas en las preguntas 3,5, 7 y 10, todas relacionadas con mecanismos evolutivos. En contra, las preguntas 1 (hay evolución o no) y 9 (toda la Vida tiene un origen común o no), que como hemos comentado anteriormente, tratan de confrontar la existencia de creencias no evolucionistas, son las que mayores porcentajes de acierto obtienen. En el

Gráfico 1, se muestran estos resultados, marcando los porcentajes de respuestas correctas frente a los que no lo son.

En lo que se refiere al Cuestionario II, salta a la vista el bajo porcentaje de respuestas reelaboradas por los propios sujetos, únicamente en la pregunta 4 aparecen un 10% de respuestas escritas, sin embargo, todas las preguntas reelaboradas, eran coincidentes aunque con otras palabras, con el enunciado expuesto en la respuesta (a). En el Gráfico 2, mostramos los datos, marcando las respuestas correctas e incorrectas.

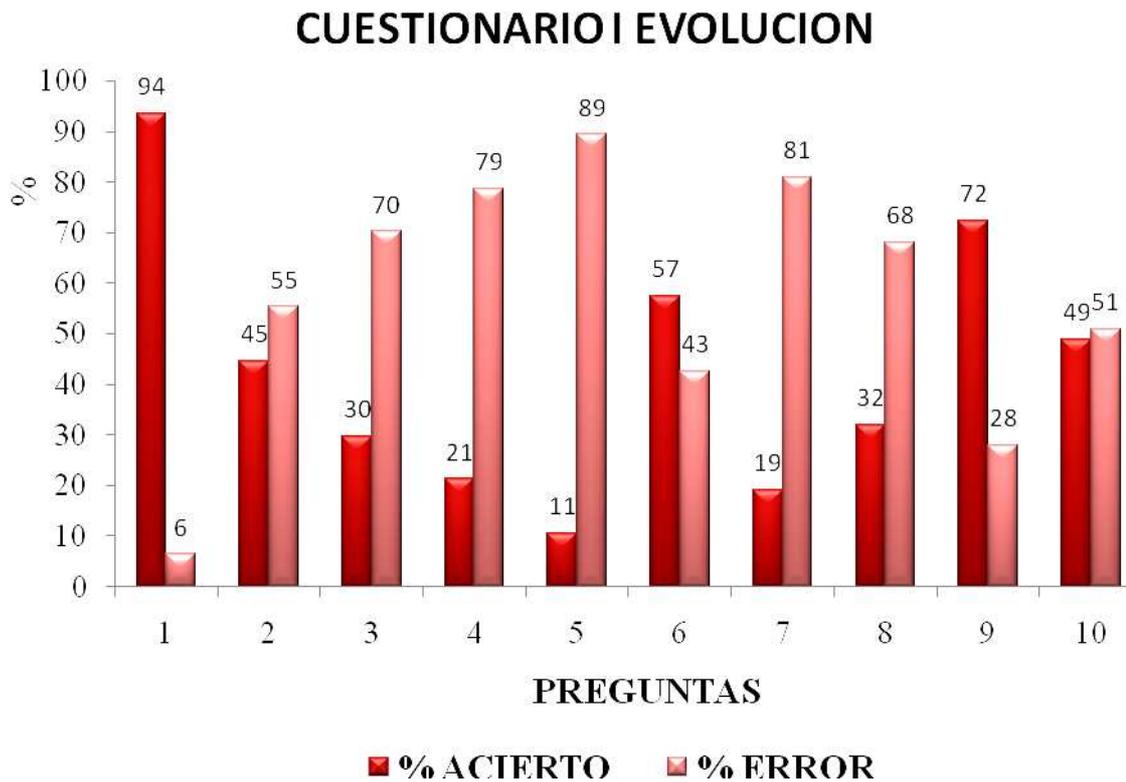


Gráfico 1. Resultados obtenidos en los cuestionarios. Se representa el número de pregunta frente al porcentaje de acierto.

Ante estos resultados, pudimos comprobar que:

1.- Ideas alternativas, que niegan la existencia de la evolución de las especies, se encuentran ampliamente superadas por la población de sujetos, dada la cantidad de aciertos en las preguntas uno y nueve, en las que el 94% y el 72 % respectivamente, de los sujetos acepta la existencia del hecho evolutivo. Dado este alto porcentaje, se consideró que la existencia de la evolución biológica es un concepto que está presente ampliamente en los sujetos, por lo que no a lugar incluir una cuestión sobre este aspecto en el cuestionario definitivo.

2.- Los sujetos seleccionan claramente la opción correspondiente a ideas lamarckianas de la evolución en preguntas distintas, lo que indica que siguen resultando más fáciles de manejar que las ideas darvinistas acerca de los mecanismos evolutivos, (ítems 3, 4, 5, 7, 8 y 10). Se obtienen porcentajes de aciertos que oscilan entre el 11% y el 45%. Dados estos porcentajes se estimó oportuno explorar mejor este tipo de ideas en el cuestionario 2.

3.- En las preguntas 2 y 6, que trataban de explorar la idea del “diseño inteligente”, encontramos un porcentaje de respuestas correctas y erróneas muy similar, cercano al 50%. Teniendo en cuenta que es difícil obtener respuestas fiables en otras muestras en cuestiones que se superponen con ideas religiosas, pensamos que estos porcentajes son importantes y que esta idea merece ser investigada también en el segundo cuestionario.

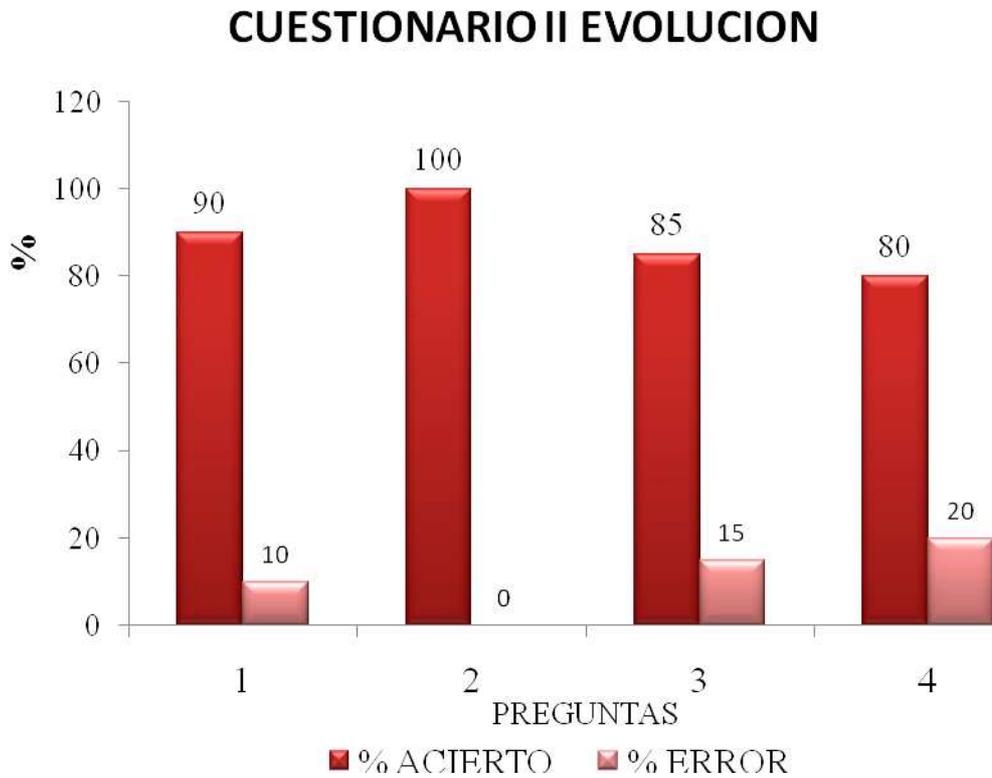


Grafico 2. Resultados del segundo cuestionario. Se representan las cuatro preguntas frente al porcentaje de acierto o fallo.

A la vista de los resultados (Gráfico 2) observamos que:

1.- Un elevado número de sujetos, no logran identificar correctamente los mecanismos evolutivos, evidenciado por sus elevados porcentajes de error. En la pregunta uno, que trataba sobre la *resistencia* al DDT (Ver Figura 2), obtuvimos un 90% de preguntas erróneas. En cuanto a la pregunta dos, que

expone el desuso de la cola como causa de desaparición, el porcentaje de respuestas erróneas, aumenta hasta el 100%. Al igual que en el resto de preguntas, la totalidad de sujetos encontraron coherentes las explicaciones, no reformulando su propia respuesta. Lo que refuerza aún más la persistencia en los alumnos de ideas Lamarckianas de la transmisión de los caracteres y los mecanismos, aspecto que aparece recogido en investigaciones precedentes realizadas por diferentes autores. (Adúriz y Meinardi, 2000; Bishop y Anderson, 1990; Ayuso y Banet, 2002.),

2.- La pregunta tres, en la que se indaga en torno a la persistencia en los alumnos de la idea de la evolución como un progreso de las especies y no un cambio al azar que permite la supervivencia, encontramos que tan sólo un 15% de los sujetos son capaces de reconocer este aspecto, por lo que entendemos que dicha idea alternativa persiste entre los sujetos replicando el resultado de en su estudio Samarapungayan. y Reinout, 1997.

3.- En la pregunta cuatro, referida al ojo humano, el 80% de los sujetos no acierta, contestando que el ojo humano se debió crear de una sola vez, no por cambios acumulativos al azar. Este dato concuerda con los resultados obtenidos por Firenze (1997), en el que plantea la existencia de ideas creacionistas en la sociedad. Dicho autor, apunta que para el caso de órganos complejos, los sujetos no logran comprender el resultado usando sólo los mecanismos científicos y entonces recurren a explicaciones creacionistas.

En la tabla 3 se comparan los porcentajes de sujetos de ambos cuestionarios que presentan las ideas alternativas estudiadas. (Para cuantificar el porcentaje de sujetos que presentan un uso coherente de sus ideas alternativas se cruzaron las respuestas de las preguntas que exploran la misma idea en el cuestionario 1 y 2). Los porcentajes para universitarios son más

elevados en el cuestionario 2 que en el 1, quizás debido a su formulación más comprensible y detallada.

IDEAS ALTERNATIVAS	Univ. C1 N=47	Univ. C2 N=40
No aceptan la Evolución	0%	--
Evolución = Progreso	28%	85%
Evolución por Necesidad de sobrevivir/ 'esfuerzo resistente'.	49%	90%
Evolución por Uso y Desuso	53%	100%
Diseño Inteligente	43%	80%

Tabla 3. Porcentaje de sujetos que manifiestan cada idea alternativa, según cuestionario.

Los altos porcentajes obtenidos en el segundo cuestionario para universitarios están, además, asociados con esquemas explicativos de cierta consistencia: el 60% de ellos elige las opciones alternativas en 3 de las 4 preguntas del cuestionario, mientras el 25% lo hace en las 4 preguntas; sólo el 5% de estos sujetos falla en 1 pregunta únicamente.

2.4. Conclusiones

En este trabajo exploratorio pretendíamos estudiar qué ideas permanecen en la memoria a largo plazo de la población culta adulta, no especialista en Ciencias experimentales (universitarios), sobre Evolucionismo biológico. La hipótesis de partida es que quizás algunas de las ideas alternativas que se han puesto de manifiesto en estudios con adolescentes en situación de clase, pueden ser revisadas más adelante, como consecuencia de la maduración y del aumento de las capacidades metacognitivas (control de la comprensión)

cuando los sujetos se enfrentan de nuevo a situaciones concretas que deben explicar.

Los resultados muestran que, a grandes rasgos, los estudiantes universitarios que participaron en este estudio poseen un conocimiento muy limitado de la teoría darvinista de la evolución (i.e. mezcla selección natural, evolución con progreso) A pesar de que la idea de la existencia de cambio está presente en un altísimo porcentaje, las razones expuestas para explicar el hecho evolutivo son superficiales e, incluso en muchas ocasiones, antropomórficas, vitalistas e incluso teleológicas (i.e. los seres vivos evolucionan porque lo necesitan para sobrevivir). En definitiva persiste la idea de evolución como un proceso dirigido. Este aspecto ha sido ampliamente documentado por diferentes autores (Grau y De Manuel, 2002; Schilders, M. et al 2007)

En los estudiantes universitarios, que representan la población adulta y culta en esta exploración, persisten las mismas ideas alternativas que están presentes en los estudiantes de Secundaria sobre:

1.- Un elevado número de sujetos universitarios acepta el hecho evolutivo, pero no utiliza ideas darvinistas para explicarlo. Aparecen elevados porcentajes de respuestas (superiores al 90%) asociadas con las ideas lamarckianas de evolución por necesidad de sobrevivir (asociado en general con un ‘esfuerzo resistente’) y de cambio por uso/desuso del órgano.

2.- La idea de la evolución como progreso (hacia la perfección) de las especies, asociado quizás con la complejidad, es también una idea arraigada, presente en un 85% de los sujetos universitarios de nuestra muestra.

3.- El problema del ‘Diseño Inteligente’ que se asienta sobre una base teleológica. El 80% de ellos se muestra confortable con esta hipótesis,

defendida por los creacionistas. Por tanto, a estos estudiantes les resulta todavía difícil aceptar la evolución como consecuencia del azar y la selección acumulativa de pequeñas ventajas. Este dato concuerda con los resultados obtenidos por Firenze (1997), que muestra que, para el caso de órganos complejos, los sujetos no logran comprender el resultado usando únicamente argumentos darvinistas y, entonces, recurren a explicaciones creacionistas.

4.- Las ideas alternativas (lamarckianas) de los universitarios no especialistas parecen constituir esquemas explicativos consistentes, ya que hasta el 85% de la muestra escoge estas ideas en 3 ó en las 4 preguntas de que consta el cuestionario 2.

En resumen, este estudio evidencia, que persisten en la población culta no especializada ideas alternativas sobre las teorías evolutivas y que se mantienen los esquemas conceptuales como indican las diferentes investigaciones sobre el tema (Demastes y otros, 1996; Abrams, 2001; Banet y Ayuso, 2003). En los límites de este estudio, nuestra hipótesis resulta falsada: los estudiantes universitarios no especialistas en ciencias experimentales, no mejoran sus representaciones sobre evolución manteniendo en ellas una mezcla de ideas alternativas (lamarckianas, teleológicas, creacionistas) con ideas acordes con el darvinismo (origen común para la Vida, papel de la genética en los cambios en las especies).

Todo ello pone de manifiesto cierta ineficacia en la Educación Científica a la hora de transmitir una cultura básica a los ciudadanos. Skoug y Biolica (2002), señalan que la enseñanza tradicional no ha facilitado el aprendizaje de conceptos evolutivos (coincidiendo con otros estudios, como los de Samarapungavan y Milikowsks, 1992; Demastes et al., 1996; Blackwell et al, 2003) y que incluso tras finalizar su formación, los estudiantes presentan

errores conceptuales sobre la evolución. En contra de nuestra hipótesis tentativa, no se aprecia un efecto del aumento de la capacidad para detectar inconsistencias y revisar ideas aceptadas entre los universitarios. Una razón posible es que el aumento de maduración no es un factor suficiente para ello. Algunos investigadores asumen esta posibilidad y atribuyen la causalidad del problema a diseños instruccionales deficientes que ignoran factores epistemológicos y ontológicos en la construcción del conocimiento científico. Otra razón posible para la persistencia de las ideas alternativas es que el aumento supuesto de las capacidades metacognitivas no haya tenido lugar. Hay investigaciones apuntan en esta dirección, y sugieren causas ligadas a niveles insuficientes de capacidades psicológicas básicas para comprender en profundidad la información científica que se suministra a los estudiantes (Campanario y Otero, 2000). En este caso, los potenciales beneficios de diseños instruccionales bien planificados no podrían ser aprovechados.

CAPÍTULO III

EXPERIMENTO I

INFLUENCIAS DE LA FACILITACIÓN DE INFERENCIAS GLOBALES Y DEL CONOCIMIENTO PREVIO SOBRE LA COMPRENSIÓN

CAPÍTULO III

EXPERIMENTO I

Influencias de la facilitación de inferencias globales y del conocimiento previo sobre la comprensión

Introducción

En este **Experimento I** nuestra investigación tiene como finalidad analizar y evaluar el papel de dos variables en la comprensión de textos científicos: el conocimiento previo del lector y la comprensibilidad del texto, entendiendo por tal la cualidad de un texto para facilitar las inferencias que todo estudiante debe hacer para comprender y aprender su contenido. Se trata de ver en qué medida el fracaso en la comprensión de textos científicos se debe, tal y como se plantea frecuentemente, a la falta de conocimientos previos suficientes del lector (Fortes, Latorre y SanFelix, 2001; Chen, A., 2002; Sanjosé et al, 1993) o también, a las dificultades que los sujetos tienen a la hora de realizar las inferencias necesarias para construir la información que se exigen usualmente en ciencias. Estas dificultades se detectan normalmente en los resultados de ciertas pruebas, y son asociadas a la falta de estrategias adecuadas de procesamiento de la información. En realidad, la habilidad para comprender e integrar la información de un texto científico es una de las claves más importantes del éxito en los alumnos. (Macias et al, 1999; Favrel, y Barrouillet, 2000; Gentner et al., 2003). Por eso, vamos a centrarnos sólo en dos aspectos básicos: la influencia del conocimiento previo y la facilitación de

inferencias sobre la comprensión de textos utilizados en la enseñanza de las ciencias.

1. Planteamiento y objetivo

Una de las afirmaciones más contundentes y conocidas sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje, se debe a David Ausubel: *“el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese en consecuencia”*. (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983). A pesar del carácter inconcreto de esta afirmación, una enorme cantidad de investigaciones muestran que, en efecto, el nivel de conocimiento previo de un sujeto, así como el tipo de conocimiento que posee, es un factor estadísticamente significativo en el nivel de aprendizaje logrado en casi todos los campos del saber. (Anderson, 1983; Ausubel et al., 1983; Ayuste, 1994).

Esto es especialmente importante en el área de Ciencias Experimentales, donde los contenidos son abstractos, poco evidentes, y en muchas ocasiones, alejados del sentido común y, por tanto, difíciles de asimilar y de integrar en estructuras cognitivas demasiado pobres o inadecuadas. Una de las líneas de trabajo más productivas en la investigación en aprendizaje de las ciencias es la de las Concepciones Alternativas (Strike y Posner, 1992; Wallin et al., 2000) quienes han recogido evidencias experimentales en una amplísima representación de aprendices, temas, países y niveles educativos, demostrando que los humanos crean estructuras cognitivas a partir de sus experiencias personales, colectivas y sociales que usan continuamente para interpretar los acontecimientos cotidianos. Este conocimiento previo, usualmente no-científico, es activado para integrar

(comprender) nueva información, por lo que actúan como obstáculo o agente medidor para el aprendizaje científico correcto.

A la vista de los resultados obtenidos en la fase previa a este experimento (Ver Capítulo anterior) sobre el estudio entre la población no especializada, pero con cultura general elevada sobre el tema de Evolución, decidimos que los materiales textuales elegidos para este experimento, deben tomar en consideración alguna de estas conceptualizaciones erróneas, extendidas entre la población no especializada, además de permitir la comprensión de la información a partir de los conocimientos correctos que ya se poseen, generales o propios del tema. Hemos optado por atender la visión más extendida y generalizada sobre la evolución: el lamarckismo. Su carácter intuitivo y fácilmente aplicable a los casos particulares es un claro obstáculo para la comprensión de las ideas darvinistas, que acaban siendo olvidadas mientras el lamarckismo persiste.

La investigación de la comprensión de textos científicos en biología ha sido abordada desde muchas perspectivas, tales como analizar las características de los textos (legibilidad) y las dificultades que tienen los alumnos con los mismos (Gould,1977), o estudiar los problemas de los alumnos cuando se enfrentan a temas que requieren diferentes habilidades cognitivas (Tolman, 1981). Concretamente en lo que se refiere al aprendizaje mediante textos científicos, Coleman y colaboradores (1997) realizaron un estudio para explorar la influencia de las explicaciones sobre el aprendizaje de un texto científico sobre evolución. Estos autores encontraron diferencias significativas entre los alumnos según el propósito a la hora de procesar un texto sobre la teoría darwiniana. Concretamente encontraron diferencias a la hora de comprender un texto entre los sujetos que debían leer para explicar frente a los que debían resumir.

Todos los autores coinciden en que una de las características típicas de los textos científicos es que exigen la elaboración de multitud de inferencias, locales y globales, para producir representaciones coherentes de los mismos (Millis y Graesser, 1994; Kardas y Howell, 2000; Leheman y Schram, 2002; Rouet et al., 2001). El efecto de la facilitación de la realización de inferencias en textos expositivos fue estudiado por Britton y Gülgöz (1991). En esencia, los resultados muestran que cuando se facilita la elaboración de inferencias locales, los sujetos mejoran su aprendizaje. Estos autores mejoraron la coherencia local de un texto sobre la guerra de Vietnam haciendo más explícitas las relaciones entre frases sucesivas. El núcleo del procedimiento consistía en repetir términos para facilitar la conexión entre ideas consecutivas. Posteriormente, Vidal-Abarca y colaboradores (2000), utilizando un procedimiento similar al de Britton y Gülgöz con un texto escolar sobre la Revolución Rusa, pero aplicando de forma más estricta dicho procedimiento, encontraron que el mismo mejoraba el recuerdo de la información, pero no las inferencias de los lectores.

Los autores anteriormente mencionados compararon el procedimiento basado en repetición de términos, que mejora la coherencia local, con otro procedimiento que mejoraba la coherencia global; es decir: la relación entre ideas distantes entre sí, denominado procedimiento causal-temporal. Dicho procedimiento consistía en incluir información que favorecía las inferencias del lector en lugar de eliminar su necesidad que era la intención primordial del procedimiento de repetición de términos de Britton y Gülgöz (1991). Así por ejemplo, se incluyó información que clarificaba la situación socio-política en Rusia, lo que facilitaba la conexión entre esa situación y la fundación del partido Bolchevique explicada más adelante en el texto, ayudando al lector a inferir la motivación de los fundadores de este partido. Este segundo

procedimiento de Vidal-Abarca y colaboradores (2000), tuvo efectos beneficiosos tanto en el recuerdo de la información como en una prueba que evaluaba comprensión inferencial de los lectores. La razón parece clara: el procedimiento causal-temporal facilitaba las inferencias del lector, especialmente las inferencias entre ideas no consecutivas, que son las más complejas de hacer en los textos expositivos, mientras que el procedimiento de repetición de términos se centraba en reducir la actividad inferencial de los lectores haciendo más explícitas las relaciones entre ideas consecutivas.

Vidal-Abarca et al. (2002), extendieron el procedimiento que acabamos de explicar a textos expositivos. Dado que en los textos expositivos las relaciones semánticas entre ideas son más amplias que relaciones de tipo causal-temporal de los textos de historia. Idearon un procedimiento más general consistente en incrementar la densidad de relaciones entre las ideas textuales.

El método de incremento de la densidad de relaciones parte de un sistema general de análisis de textos expositivos que permite:

- a) Obtener una representación de la variedad de relaciones semánticas entre ideas textuales.
- b) Detectar qué ideas del texto son más importantes.
- c) Conocer la densidad de relaciones actuales entre las ideas textuales.

Ese sistema general de análisis de textos, denominado ETAT (Expository Text Analysis Tool), ha sido creado por Vidal-Abarca, Reyes, Gilabert, Calpe, Soria y Graesser (2002). ETAT es un software que facilita el proceso de análisis. Se inspira en un sistema para representar estructuras de conocimiento e información textual denominado Conceptual Graph Structures (CGS), creado por Graesser y colaboradores (Graesser y Goodman, 1985),

cuya validez ha sido comprobada en diversos estudios (Graesser y Hemphill, 1991; Dijkstra Zwaan et al, 1994).

Con ETAT se procede a analizar los textos en tres pasos: Primero dividir el texto en oraciones completas; segundo, clasificar las oraciones en tres categorías: estado (S), evento (E) y meta (G), y tercero establecer relaciones entre las oraciones siguiendo una sintaxis determinada por la categoría a la que pertenece cada oración. ETAT considera seis relaciones posibles entre oraciones: Inicia, Razón, Resultado, Causa, Ejemplo y Descripción.

Tras efectuar el análisis, ETAT proporciona automáticamente unos diagramas de las relaciones entre oraciones y numerosos estadísticos entre los que destacamos el promedio y desviación estándar de relaciones por oración así como el porcentaje de relaciones explícitas sobre el total de relaciones.

No obstante, las relaciones de coherencia no necesitan explicitarse mediante signos gramaticales; el lector puede realizar inferencias que construyan esos vínculos en su representación mental del texto. Cuanto mayor sea el número de lazos, tanto locales como globales, entre los segmentos del texto, mayor será la probabilidad de usar conjuntamente varias unidades de información: para comprender y crear nuevo conocimiento, solucionar un problema nuevo, dar respuesta a una pregunta o aplicar el conocimiento a nuevos casos particulares.

Así pues, el objetivo concreto que planteamos en este experimento es estudiar la influencia sobre la comprensión y el aprendizaje de un texto básico sobre evolucionismo biológico, de dos variables: a) el conocimiento previo del sujeto sobre el tema, y b) la facilitación de las inferencias globales, necesarias para conectar unidades de información diferentes y lejanas en el texto. El

aprendizaje de contenidos científicos está más asociado con la capacidad para aplicar los principios y leyes generales que sustentan las teorías a casos particulares nuevos (resolver problemas), y a la capacidad para realizar predicciones a partir de aquellas, que a ser capaces de memorizar contenidos literales de los textos.

La comprensión de teorías y modelos científicos, expuestos en textos, requiere de la coherencia global entre ideas que mantienen entre si relaciones lógicas (eventos que, conjuntamente, y/o provocan otro evento; características que habilitan sucesos, etc.); en estos casos, la coherencia local, medida como la superposición argumental entre ideas contiguas, no es importante. La coherencia global entre ideas de teorías y modelos científicos, con frecuencia requiere de inferencias asociadas a analogías (entre ejemplos explicados y casos nuevos similares), generalizaciones (a partir de varios ejemplos), aplicaciones concretas (a casos particulares a partir de las ideas expuestas en términos generales), deducciones (a partir de los principios generales), análisis y síntesis. Por esta razón, la facilitación de las inferencias locales no es una preocupación central, especialmente cuando se trata de trabajar con sujetos de un nivel no elemental, capaces de realizar este tipo de inferencias con normalidad. Por todo ello, para este experimento se decidió conectar las ideas importantes del texto, de modo que las inferencias locales no se viesan afectadas por las manipulaciones introducidas. Las modificaciones textuales se llevaron a cabo con el objetivo de facilitar inferencias necesarias para conectar ideas centrales del texto. Este objetivo dio lugar a las siguientes hipótesis:

- 1.-El conocimiento previo de los sujetos influirá en el nivel de comprensión alcanzado, medido por el éxito en la resolución de cuestiones literales e inferenciales. Esperamos que los sujetos de alto conocimiento previo (CP) alcancen mejores puntuaciones que los de

CP bajo, sobre todo en tareas que requieran de Modelos de la Situación ricos, como es el caso de tener que responder a preguntas inferenciales.

2.-La facilitación de inferencias globales, necesarias para conectar información contenida en segmentos distantes en un texto científico, mejorará el rendimiento en resolución de cuestiones inferenciales sobre el contenido tratado. Este tipo de cuestiones son típicas en la evaluación del aprendizaje de las Ciencias Experimentales.

En investigaciones recientes que preceden y originan la presente, ambas hipótesis han sido contrastadas y confirmadas (Cerdán et al, 2003). En los experimentos realizados por estos investigadores, se trataba de examinar las diferencias entre cuestiones de bajo nivel (fáciles, de escasa demanda cognitiva) y alto nivel (difíciles, de alta demanda cognitiva) dentro del proceso de búsqueda de información. Dichos investigadores, encontraron patrones típicos de actuación entre ambos tipos de preguntas. Las preguntas de alto nivel de dificultad, requieren mayores tiempos de lectura y están asociadas a mayor número de visitas a segmentos de información textual, que las preguntas de baja dificultad. Además, encontraron que las preguntas de baja dificultad potencian la realización de una secuencia de búsqueda más específica que las de alta dificultad.

En este experimento pretendemos continuar con la metodología usada con éxito en los estudios mencionados y ahondar en esta línea de investigación, analizando los efectos sobre la comprensión de dos textos científicos referidos a **La Evolución y las teorías evolucionistas**. Si replicamos los resultados, se aumentará su validez y la de los instrumentos y conclusiones provisionales derivadas.

2. Metodología

2.1. Muestra

Este primer experimento se realizó con sujetos pertenecientes al IES de Ribarroja y al IES “Blasco Ibáñez” de Valencia, al que acude alumnado de las poblaciones próximas. Todos los sujetos encuestados corresponden al mismo nivel educativo: Primero de Bachillerato. Se trata de una muestra de conveniencia, disponible y accesible, pero con nula vinculación con los investigadores. No existen indicios de que las características de estos sujetos los hagan diferentes de la población general de estudiantes de secundaria del mismo nivel educativo. En total, la muestra que hemos analizado se compone de 70 alumnos, con edades comprendidas entre los 16 y 17 años. El nivel escogido, primero de bachillerato, se justifica porque los conceptos básicos sobre evolución ya se han estudiado en un curso anterior por lo que los sujetos poseen un conocimiento previo suficiente para presumir una comprensión suficiente del texto que van a estudiar en este experimento, y quizás han desarrollado alguna de las concepciones alternativas que la literatura y/o nuestro estudio previo detectó.

2.2. Diseño del experimento

El diseño utilizado es factorial, 2X2, siendo los factores: 1) **La versión del texto** leído, con dos niveles: "original" y "manipulado"; 2) **El conocimiento previo**, también con dos niveles: "alto" y "bajo", discriminados a través de uno de los criterios más simples, la media del grupo. En la versión del texto, ambas versiones contienen la misma información básica, pero la versión

"manipulada" añade varios fragmentos de información cuyo objetivo es facilitar algunas inferencias globales, es decir: la interconexión e integración entre ideas importantes incluidas en bloques conceptuales bastante separados en el texto.

El conocimiento previo se midió con una prueba de resolución de cuestiones de opción múltiple que se encuentra en el Anexo I. A partir del resultado obtenido en dicha prueba, los sujetos fueron categorizados en dos niveles según su puntuación estuviera por encima o por debajo de la puntuación media del grupo completo.

La variable dependiente es la puntuación en una prueba de **comprensión**, obtenida a través de una prueba de resolución de cuestiones, tanto inferenciales como literales. En el primer caso, responder correctamente a la cuestión implica integrar información de dos o más fragmentos diferentes del texto, separados por otra información no relevante. Estas cuestiones fueron diseñadas de modo que las inferencias necesarias para resolverlas fueran previsiblemente facilitadas por la versión textual manipulada. En el caso de las cuestiones literales, la respuesta se encuentra recogida en los textos y concentrada en un sólo segmento de información o en segmentos consecutivos, y no es precisa inferencia alguna.

2.3. Materiales

2.3.1.- Cuestionario de Conocimientos Previos

El cuestionario de conocimientos previos es una prueba compuesta por nueve ítems con un formato de contestación de opción múltiple, con una única respuesta correcta (Ver Anexo I). El contenido de estos ítems incluye información sobre las teorías evolucionistas, mecanismos evolutivos y los científicos que enunciaron las teorías. La validación del instrumento se llevó a cabo mediante dos procesos complementarios.

En primer lugar, una evaluación cualitativa basada en el criterio de expertos (docentes, investigadores). Tanto la elección de cuestiones como la redacción de las mismas sufrieron múltiples reformulaciones. El número de cuestiones elaboradas y acordadas fue 15. En segundo lugar, para mejorar la consistencia interna del cuestionario y asegurar su comprensibilidad, se realizó una prueba de validación con esas 15 preguntas y con otro grupo de sujetos. Así, de las 15 preguntas, seleccionamos las 9 definitivas que mejor se comprendieron y mejor discriminaron entre diferentes niveles de conocimiento mostrados por los sujetos. Los 9 ítems contenían información que figura en los textos de aprendizaje posteriores, pero de forma no literal. Específicamente, 8 de estos ítems hacen referencia al mecanismo evolutivo según los científicos Darwin y Lamarck (p. ej. *“La teoría de la Selección Natural consiste en...”* *“Según Darwin la evolución de las especies comienza por...”* *“Según la teoría evolucionista de Lamarck los caracteres adquiridos durante la vida de un animal...”*).

Por otra parte, uno de los ítems aludía al origen de las especies según las teorías evolucionistas. En el siguiente cuadro se muestran las preguntas del cuestionario sobre conocimientos previos y su relación con los errores

conceptuales y los conceptos básicos que encontramos en la población culta no especializada:

<i>PREGUNTAS TEST DE CONOCIMIENTOS PREVIOS</i>	<i>ERRORES CONCEPTUALES Y CONCEPTOS BÁSICOS</i>
<p>1.- La Teoría de la “Selección Natural” consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. El incremento progresivo de la proporción de los individuos con más potencia muscular. B. La muerte periódica de los individuos menos adaptados producida por una catástrofe natural. C. La supervivencia y reproducción de los individuos más adaptados. 	<p>Idea alternativa que analiza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concepción de la Selección Natural simplista, entendida por la supervivencia del más fuerte.
<p>2.- La Teoría de la Evolución afirma que todas las especies de seres vivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Aparecieron simultáneamente en la tierra. B. Han aparecido en momentos diferentes de la historia. C. No han cambiado desde su aparición hasta hoy. 	<p>Idea alternativa que analiza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concepción Creacionista del Origen de las Especies frente a una idea Evolucionista.
<p>3.- Según Lamarck, podríamos decir que las jirafas tienen el cuello largo a consecuencia de:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Modificaciones ventajosas seguidas por azar en su dotación hereditaria. B. Continuos estiramientos para poder comer las hojas de las copas de los árboles. C. Su relación de parentesco con otras especies animales que tenían el cuello muy desarrollado. 	<p>Idea básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de las Teorías de Lamarck sobre el mecanismo de la Evolución.
<p>4.- Según la teoría evolucionista de Lamarck, los caracteres adquiridos durante la vida de un animal:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Pueden heredarse todos. B. No pueden heredarse nunca. C. Pueden heredarse sólo si son cambios notables. 	<p>Idea básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de las Teorías de Lamarck sobre el mecanismo de la Evolución.
<p>5.- Según Darwin, la evolución de las especies hay que considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Las proporciones de machos y hembras en la comunidad. B. La posibilidad para las comunidades de obtener recursos ilimitados en el medio. C. La limitación en los recursos naturales disponibles para las comunidades de seres vivos. 	<p>Idea básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de las Teorías de Darwin sobre el mecanismo de la Evolución.

<p>6.- Según Darwin, la evolución de las especies comienzan por:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Cambios genéticos beneficiosos surgidos al azar en algunos individuos dentro de su comunidad. B. Esfuerzos de los individuos por obtener recursos vitales y sobrevivir en un medio ambiente amenazador. C. Transformaciones provocadas en los individuos por catástrofes naturales que modifican sus cuerpos. 	<p>Idea básica: - Conocimiento de las Teorías de Lamarck sobre el mecanismo de la Evolución.</p>
<p>7.- El término “Selección Natural” es un concepto de la teoría evolucionista de :</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Lamarck B. Darwin C. Ambos científicos 	<p>Idea básica: - Conocimiento de las Teorías de la Evolución.</p>
<p>8.- Según la teoría evolucionista de Darwin, las serpientes son reptiles que no tienen extremidades porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. No las usaban, debido al modo en que obtienen sus recursos, arrastrándose entre la hierba. B. Desde su aparición sobre la tierra, no han tenido patas, a diferencia del resto de reptiles. C. No tener patas, lo que surgió por azar, supuso una ventaja para obtener recursos vitales en su comunidad. 	<p>Idea básica: - Conocimiento de las Teorías de Darwin sobre el mecanismo de la Evolución.</p>
<p>9.- En la teoría de Darwin, los individuos mejor adaptados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Los que logran aprender durante su vida cómo aprovechar los recursos más eficientemente que los demás. B. Los que ganan a los demás la competición por los recursos naturales y se reproducen con éxito. C. Todos los que nacen con una característica corporal que los diferencia del resto de individuos de la comunidad. 	<p>Idea básica: - Conocimiento de las Teorías de Darwin sobre la Selección Natural</p>

Tabla 1. Relación entre las preguntas del test de conocimientos previos y la idea sobre la que se indaga.

Todos los ítems contienen información específica sobre el tema de evolución, abarcando las ideas alternativas que encontramos en el estudio precedente con universitarios. La puntuación máxima que podían obtener los sujetos en este cuestionario es de 9 puntos. Cada ítem contestado correctamente era puntuado con (+1), una contestación incorrecta y/o la ausencia de respuesta con (0). No se tuvo en consideración las respuestas

erróneas para obtener la puntuación final, es decir: no se restó puntuación por los errores.

2.3.2.- Elaboración de las versiones textuales

Para el diseño de las versiones textuales, partimos de un libro de texto de Bachillerato, que presenta un contenido temático sobre las teorías evolucionistas. Este texto se mantuvo sin modificaciones, y corresponde a la versión que llamamos "original" en este trabajo. La herramienta ETAT (op. cit.) permite valorar el nivel de coherencia del texto original a partir del número de conexiones explícitas entre ideas (Vidal-Abarca et al, 2002). Tomando como unidad de información o "nodo" la frase completa (de punto a punto), la media y desviación estándar (DS) de conexiones explícitas para el texto original, son, respectivamente: 1,17 (2,10).

Para crear otra versión, que llamamos aquí, "manipulada", añadimos fragmentos de información con objeto de aumentar la conexión entre algunas de las ideas centrales del texto original, separadas en párrafos distantes, sin atender específicamente a la coherencia local entre ideas adyacentes, como ya hemos comentado en el punto anterior. Para esta versión manipulada la media y la DS son $M=1,68$; $DS=2,58$ para las conexiones explícitas.

Respecto de la versión original se ha aumentado el número de vínculos explícitos entre ideas y se ha aumentado también las diferencias entre nodos, aumentando sólo el número de conexiones para algunos de ellos. La media aumentó porque los nodos añadidos contribuyeron a conectar nodos del texto original que antes estaban poco o nada conectados. Además, para la versión manipulada, el porcentaje de relaciones explícitas sobre el total

de relaciones existentes, aumentó del 29% al 37%.(Vidal-Abarca et al, 2002)

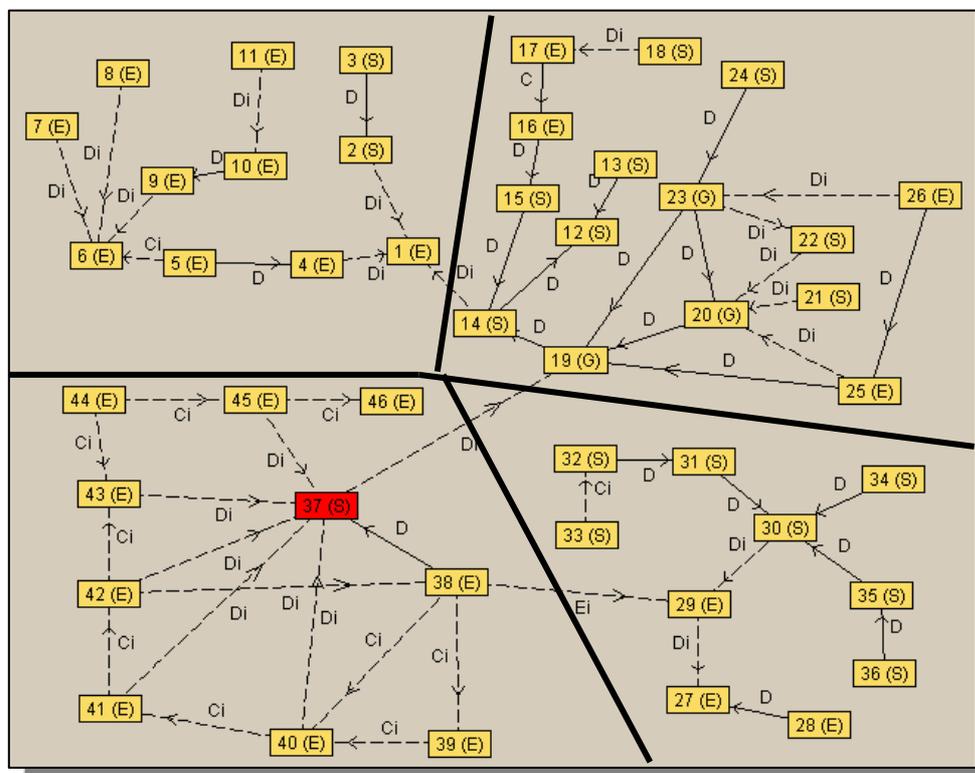


Gráfico 1. Red de relaciones obtenidas tras la aplicación de ETAT.

En el gráfico 1, se muestran las relaciones semánticas entre los nodos para la versión original del texto “La Evolución de las Especies”. Los rectángulos representan las oraciones del texto, estando numeradas según el orden de aparición en el texto. Junto a cada número figura una letra (S, E o G) indicando la categoría a la que pertenece cada una (estado, evento y meta, respectivamente). Las flechas que unen los rectángulos representan las relaciones (C = causa, D = descripción, E = ejemplo, etc). Las relaciones pueden ser explícitas, representadas por flechas continuas, o implícitas (flechas discontinuas), en cuyo caso a la letra que representa la relación se le añade letra “i” (p. ej., Ci). A efectos de claridad en el diagrama se han

marcado las cuatro secciones de las que constaba el texto. El contenido de cada una era el siguiente: 1) evolución desde los primeros organismos unicelulares hasta los animales (oraciones 1-11); 2) teorías de la evolución de Lamarck y Darwin (oraciones 12-26); 3) mecanismos de diferenciación entre padres e hijos (oraciones 27-36); 4) ejemplificación de la teoría neodarwiniana de la evolución (oraciones 37-46).

En el diagrama se pueden observar varias características del texto en términos de coherencia. Primero, hay pocas relaciones entre las oraciones de diferentes secciones siendo éstas implícitas, y estableciéndose entre oraciones distantes (p. ej., oración 1 con oración 14). Segundo, dentro de cada sección la mayoría de las oraciones tienen una o dos relaciones, y unas pocas llegan a tener 5 relaciones. En términos psicológicos ello quiere decir que los lectores tendrán dificultad para formar una representación mental coherente del texto ya que el texto no facilita que el lector establezca relaciones entre ideas textuales, especialmente entre las ideas distantes pertenecientes a diferentes secciones del texto.

Para hacer una versión más coherente, Vidal-Abarca y colaboradores (2002) añadieron unas pocas frases. Una parte de la nueva versión se puede ver a continuación. Añadieron información que ayudara al lector a conectar ideas importantes vía inferencias. La nueva información tenía que tener abundantes conexiones con otras oraciones del texto, especialmente con aquellas más importantes (nodos 1, 14, 19, 29, 37 y 38). Además, debería servir para conectar oraciones de secciones diferentes. Todo ello se traduciría en un incremento general de la conexión entre oraciones en el nuevo texto. Este incremento afectaría sobre todo a las ideas más importantes del texto, y a las conexiones entre ideas de diferentes secciones. El incremento aumentaría la probabilidad de que el lector formara una

representación bien conectada del texto. Además, al potenciar las conexiones vía inferencias, se potenciaría la integración de las nuevas ideas con las preexistentes en la mente del lector. Una parte de los textos original y revisado se puede ver a continuación. La información subrayada fue añadida en la versión revisada. Los números entre paréntesis indican el número de orden de cada idea.

(1) Desde hace cientos de millones de años, la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja. (2) Los seres vivos comenzaron siendo tan simples como una bacteria para llegar a ser tan evolucionados como los mamíferos. (3) Los seres vivos primitivos eran muy sencillos y (4) se nutrían de sustancias orgánicas más simples aún. (5) Por otra parte, los seres vivos unicelulares se agruparon, formando agrupaciones sencillas. (6) Dentro de estas agrupaciones, algunas células se especializaron. (7) Se formaron los primeros organismos pluricelulares, quizá parecidos a las actuales esponjas. (8) Algunos adquirieron la posibilidad de flotar, como las medusas. (9) Otros, lograron desplazarse gracias a sencillos órganos, semejantes a las aletas. (10) Parece que en el transcurso de muchos millones de años, ciertos animales que vivían en las proximidades de la tierra se adaptaron a vivir en ella. (11) Al cabo del tiempo estos animales, adquirieron la posibilidad de vivir tanto en la tierra como en el agua. (12) Transcurridos muchos millones de años, otros se especializaron en vivir en un ambiente seco.

(13) La evolución explica el origen de todos los seres vivos emparentando unos con otros por medio de la herencia de los caracteres genéticos. (14) Es decir, las teorías de la evolución tienen que explicar cómo se ha podido llegar a la situación actual en la que hay seres tan evolucionados como perros, monos u hombres partiendo de formas de vida tan elementales como las descritas antes. (15) Las primeras observaciones sobre la posible evolución de los seres vivos proceden de los antiguos griegos. (16) Sin embargo, hasta hace más de un siglo, los biólogos no se atrevieron a formular ninguna teoría sobre la evolución.

El diagrama de la versión manipulada se puede ver en gráfico 2. Como se puede apreciar, esta versión tiene una densidad de relaciones mayor que el texto original. De hecho, el promedio de relaciones por oración ha pasado de 1.22 en el texto original a 1.54 en la versión revisada. También, la desviación estándar de relaciones por frase ha pasado de 1.44 a 1.87 en los textos original y revisado. Ello indica que el incremento de las relaciones no

ha sido uniforme, sino que ha afectado sobre todo a unas cuantas oraciones, las más importantes. Además, las nuevas oraciones añadidas también tienen abundantes conexiones con otras oraciones.

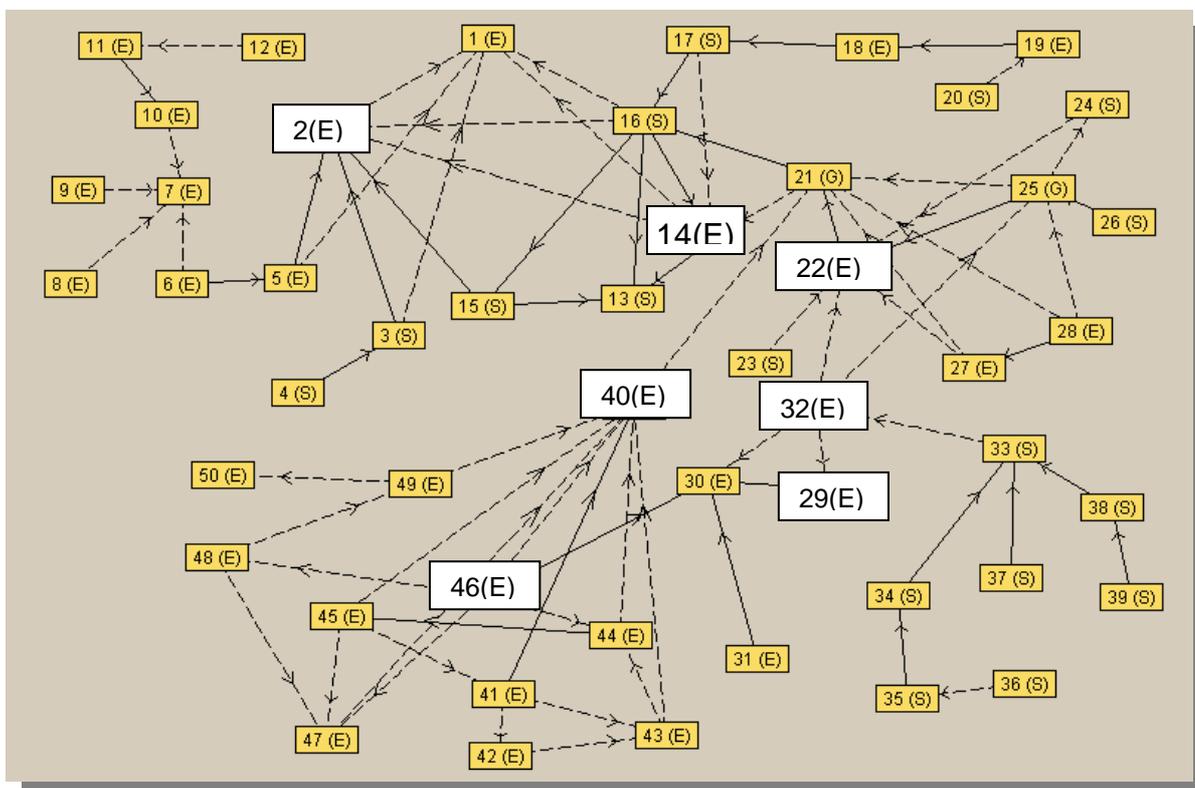


Grafico 2. Red de relaciones de la versión manipulada del texto *La Evolución de las Especies* con las oraciones añadidas resaltadas.

En el gráfico 2, si tomamos como ejemplo la nueva oración 2 (*los seres vivos comenzaron siendo simples como bacterias para evolucionar hasta los mamíferos*) tiene abundantes conexiones con otras oraciones de la sección primera (oraciones 1, 3 y 5), y conexiones con oraciones de la sección segunda (14, 15 y 16). Ello debería provocar que el lector conecte mejor no sólo las oraciones dentro de la sección, sino también las oraciones de las secciones primera y segunda.

Algo similar se puede apreciar respecto al resto de oraciones añadidas. Obsérvese que muchas de estas conexiones son implícitas, esto quiere decir, que la información añadida facilitará las inferencias del lector, pero no eliminará la necesidad de tales inferencias. Por tanto, el incremento en la densidad de relaciones deberá facilitar que el lector realice una conexión significativa entre las diferentes ideas del texto y lo comprenda mejor.

La versión original consta de 632 palabras separadas en cuatro partes esenciales:

- 1.- Evolución desde los primeros organismos unicelulares hasta los animales.
- 2.- Teorías de la evolución de Lamarck y Darwin.
- 3.- Mecanismos de diferenciación entre padres e hijos.
- 4.- Un ejemplo de aplicación de la teoría neodarwiniana de la evolución.

La versión mejorada consta de 773 palabras separadas también en las mismas cuatro partes que el texto original. La manipulación del texto se concentró en cuatro nodos nuevos (nodos 2, 14, 29 y 46) y en la ampliación de información en el apartado tres. (Ver Tabla 2).

<i>NODOS PERTENECIENTES AL TEXTO UTILIZADO</i>	<i>ORIGINAL</i>	<i>MANIPULADO</i>
Desde hace cientos de millones de años, la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja	1	1
<i>Los seres vivos comenzaron siendo tan simples como una bacteria para llegar a ser tan evolucionados como los mamíferos</i>	--	2
Los seres vivos primitivos eran muy sencillos	2	3
y se nutrían de sustancias orgánicas más simples aún	3	4
Por otra parte, los seres vivos unicelulares se agruparon, formando agrupaciones sencillas	4	5
Dentro de estas agrupaciones, algunas células se especializaron	5	6
Se formaron los primeros organismos pluricelulares, quizá parecidos a las actuales esponjas	6	7
Algunos adquirieron la posibilidad de flotar, como las medusas	7	8
Otros, lograron desplazarse gracias a sencillos órganos, semejantes a las aletas	8	9
Parece que en el transcurso de muchos millones de años, ciertos animales que vivían en las proximidades de la tierra se adaptaron a vivir en ella	9	10
Al cabo del tiempo estos animales, adquirieron la posibilidad de vivir tanto en la tierra como en el agua	10	11
Transcurridos muchos millones de años, otros se especializaron en vivir en un ambiente seco	11	12
La evolución explica el origen de todos los seres vivos emparentando unos con otros por medio de la herencia de los caracteres genéticos	12	13
<i>Es decir, las teorías de la evolución tienen que explicar cómo se ha podido llegar a la situación</i>	--	14

<i>actual en la que hay seres tan evolucionados como perros, monos u hombres partiendo de formas de vida tan elementales como las descritas antes</i>		
Las primeras observaciones sobre la posible evolución de los seres vivos proceden de los antiguos griegos	13	15
Sin embargo, hasta hace más de un siglo, los biólogos no se atrevieron a formular ninguna teoría sobre la evolución	14	16
Según la primera teoría propuesta por Lamarck, las características adquiridas a lo largo de la vida, por ejemplo, los músculos desarrollados por un atleta, se heredan por sus descendientes	15	17
La teoría de Lamarck se ha abandonado Porque se demostró que las variaciones corporales no pueden heredarse de padres a hijos	16	18
Un animal al que le falte una pata no tiene por qué producir descendientes sin esa pata. La teoría admitida actualmente fue propuesta por Darwin a mediados del siglo pasado	17	19
Darwin observó que en todos los seres vivos se producían variaciones en su estructura <i>o en la forma de su cuerpo (tamaño, longitud de las extremidades)</i>	18	20
Algunas eran perjudiciales para el individuo	19	21
Pero otras eran favorables	20	22
Darwin propuso que los seres vivos que sufrían variaciones beneficiosas podían estar mejor adaptados al ambiente	21	23
Estos seres vivos tenían más posibilidades de tener una larga vida, de reproducirse y de transmitir las variaciones genéticas	22	24

Experimento II

Según Darwin, a lo largo de generaciones, se fueron produciendo muchos pequeños cambios	23	25
Si estos cambios facilitaban la supervivencia, se originaban individuos con caracteres distintos de los caracteres que tenían sus lejanos antecesores	26	28
<i>Cuando se formuló la explicación anterior se desconocía cómo los hijos heredan características genéticas tanto del padre como de la madre lo que les hace diferentes de sus progenitores</i>	--	29
Durante la reproducción, al formarse los cromosomas de las células sexuales, resultan nuevos organismos de características genéticas distintas	27	30
Así se originan nuevos organismos, todos distintos entre sí, y mejor o peor adaptados al ambiente	28	31
<i>Otra forma mucho menos frecuente que también hace a los organismos diferentes es cuando los genes de la célula reproductora de un ser vivo varían en el transcurso de su vida</i>	29	32
A este cambio accidental se le llama mutación	30	33
Normalmente, una mutación origina una cierta deficiencia	31	34
En algunos casos, esta deficiencia es grave	32	35
y puede llegar a producir la muerte del individuo	33	36
En unos pocos casos, la mutación origina un individuo con mejores características	34	37
Se calcula que las mutaciones se producen normalmente en la naturaleza, una vez por cada millón de individuos.	35	38
Pero hay factores que producen mutaciones más frecuentes, por ejemplo, ciertas sustancias químicas o la radioactividad.	36	39

Imaginemos que el proceso de la evolución actúa sobre una población de ovejas de una región fría <i>teniendo en cuenta lo que sabemos sobre cómo se transmite la herencia genética.</i>	37	40
En esta población una oveja podría sufrir una variación o una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana	38	41
Esta oveja estaría mejor adaptada que el resto para resistir el frío	39	42
La oveja sobreviviría un mayor número de estaciones	40	43
y podría producir más descendientes que otra del rebaño	41	44
De esta forma aparecerán ovejas mejor adaptadas que el resto de la población	42	45
<i>¡Acuérdate que las características genéticas se transmiten de padres a hijos</i>	--	46
Al cabo de mucho tiempo se originará una variación en la especie.	43	47
y aumentará cada vez más el número de ovejas que poseen ese determinado gen	44	48
Se habrá producido una selección de la especie	45	49
Al cabo del tiempo, las ovejas menos adaptadas pueden llegar a desaparecer.	46	50

Tabla 2. Nodos de los textos original y manipulado. Los nodos en letra cursiva corresponden a los añadidos en el texto manipulado (Tomado de Vidal-Abarca, E. et al 2002)

En una investigación anterior (Vidal-Abarca et al, 2002), ambas versiones textuales fueron contrastadas. El diseño incluyó: como covariable, el conocimiento previo; como variable independiente, la versión textual; como variables dependientes, tanto el porcentaje de aciertos en

cinco preguntas inferenciales, como el porcentaje de acierto en cuatro preguntas no favorecidas por las mejoras introducidas en la versión mejorada. De los resultados obtenidos se infiere la eficacia de un procedimiento de mejora de textos orientado a facilitar las inferencias del lector para conectar ideas textuales, ya que los alumnos que leyeron la versión mejorada con ETAT respondieron significativamente mejor ($F(1,27)=7.547, p<.05$) situándose su media de acierto en $38,0\pm 13,8$ frente a los que leyeron la versión original cuya media quedó en $25,0\pm 13,1$. Esto ocurrió para las preguntas que se veían afectadas por las variaciones textuales, no siendo así para aquellas preguntas que no afectadas. Para este caso los sujetos que leyeron la versión original obtuvieron una media de $57,5\pm 26,5$ similar a la puntuación de los sujetos que leyeron la versión mejorada cuya media fue de $55,7\pm 24,1$ ($F(1,27)=0,043$).

2.3.3.- Prueba de Comprensión

Diseñamos esta prueba final para medir el nivel de aprendizaje a partir del texto. De las múltiples pruebas relacionadas con el aprendizaje (recuerdo, extracción de ideas principales, elaboración de resúmenes, resolución de cuestiones, aplicaciones, etc.) seleccionamos la resolución de cuestiones (inferenciales y literales) por ser la prueba más usada en Ciencias Experimentales que requiere comprensión del contenido. La prueba se diseñó de forma que existiesen dos niveles de dificultad a priori: las preguntas fáciles, o preguntas literales, cuya respuesta se encuentra en una única idea del texto o bien en ideas contiguas, y las difíciles o preguntas inferenciales, que requieren integrar la información de ideas diferentes en el texto para elaborar una respuesta.

Preguntas de dificultad elevada (Inferenciales). El objetivo de estas preguntas es valorar el nivel de integración de la información pertinente del texto que alcanzan los sujetos. Para su correcta resolución el lector debe encontrar y reconocer la información pertinente que se encuentra separada en diferentes segmentos o ideas del texto y luego elaborar nueva información a partir de ellas para construir una respuesta correcta, es decir: la respuesta no se encuentra explícitamente en el texto por lo que debe procesarse simultáneamente en la memoria de trabajo para elaborar nuevo conocimiento vía inferencias. Este nuevo conocimiento es el que debe ser usado para dar respuesta a la cuestión formulada. Concretamente, en este experimento existen dos preguntas de tipo inferencial: la uno y la tres:

Pregunta 1. *Una ballena puede experimentar una mutación que origina un aumento de la cantidad de grasa en la piel. Al cabo de un tiempo, el número de ballenas con la citada mutación aumenta considerablemente. ¿Por qué? Razónalo de la forma más completa que puedas.*

La respuesta a esta pregunta requiere reconocer como pertinentes las ideas expuestas en el texto que hacen referencia a la mutación de una oveja y la lana que produce (nodos 39, 40 y 41 en el texto manipulado y 36, 37 y 38 en el texto original). Estas ideas deben ser procesadas conjuntamente con las que forman la pregunta para establecer, bien puentes analógicos entre ejemplos, bien generalización a partir del ejemplo textual y posterior particularización al caso de la ballena.

Para considerar la pregunta contestada correctamente debían aparecer tres ideas, fundamentalmente:

- 1.- Estará mejor adaptada que el resto de ballenas.
- 2.- Podrá sobrevivir más tiempo y tendrá más descendientes.
- 3.- Los descendientes tendrán la mutación favorable, aumentando la característica en la población.

Aquellos sujetos que mostrasen las tres ideas anteriores obtienen 1 punto (puntuación máxima). En caso de no ser así, se valoró que la aparición de cada argumento se puntuaba con 0,33 puntos.

Pregunta 3. *Explica cómo es posible que unos seres vivos sean diferentes de sus antecesores.*

La información textual necesaria para responder correctamente corresponde a los nodos 27 al 30 en la versión original y nodos 29 al 33 en la versión manipulada, siendo este nodo 29 un nodo que no existe en la versión original que otorga ventaja a los sujetos que leyeron la versión manipulada, pues hace referencia a la heredabilidad de los caracteres y conecta con la idea de la variación durante la reproducción (Ver Tabla 2).

Además el nodo 32 de la versión manipulada contiene un fragmento añadido sobre el nodo original que invita a pensar que las mutaciones son también, junto a la variabilidad sexual, una fuente de cambios heredables en los organismos. En este caso consideramos que, para que la pregunta estuviese correctamente contestada, debían aparecer dos ideas:

- 1.- Durante la reproducción, al formarse los cromosomas de las células sexuales surgen nuevos organismos con características genéticas distintas a las de sus padres.
- 2.- Si un organismo sufre variación genética o mutación, en el transcurso de su vida, los descendientes pueden heredar esas mutaciones y por ello, aparecer nuevos organismos.

Los sujetos que en su respuesta incluyeron ambas ideas, obtuvieron 1 punto y cada una de las dos ideas por separado se puntuó como 0,5 en respuestas incompletas.

Preguntas de baja dificultad (Literales). El objetivo de estas preguntas es valorar el nivel de integración de la estructuración del texto que alcanzan los sujetos. Para su correcta resolución el lector debe encontrar y reconocer la información pertinente que se encuentra en segmentos específicos del texto y de forma explícita, para luego contestar sin necesidad de construir una nueva respuesta correcta, es decir: la respuesta puede ser copiada o reescrita. Para este experimento se diseñaron la pregunta dos y cuatro como literales.

Pregunta 2. Explica brevemente que quiere decir que la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja.

La respuesta a esta pregunta aparece al principio del texto (nodos 1 al 6). En el texto manipulado aparece una ventaja en la que el fragmento añadido remarca que: “*Los seres vivos comenzaron siendo tan simples como una bacteria para llegar a ser tan evolucionados como los mamíferos*” esta ventaja permite una mejor conexión con la demanda de la pregunta. (Ver Tabla 2)

Para considerar esta pregunta contestada correctamente, debían aparecer las ideas:

- 1.- Al principio surgieron organismos muy sencillos,
- 2.- Posteriormente, al agruparse y especializarse, fueron surgiendo seres más complejos.

Toda respuesta parcial que contuviese una única idea, se puntúa como 0,5 y las preguntas en las que apareciesen ambas ideas con un uno.

Pregunta 4. *Después de que una oveja sufra una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana. ¿Cómo es que aparecen ovejas mejor adaptadas que el resto de la población? Razónalo de la forma más completa que puedas.*

La pregunta cuatro retoma nuevamente el contenido de la primera pregunta y vuelve al tema de la oveja, por lo que la valoración es la misma, en este caso se consideran los mismos nodos (39 ,40 y 41 para el texto manipulado y 36,37 y 38 para el texto original).

El modo de puntuar es idéntico al de la pregunta 1, ya que su respuesta también se corresponde, salvo que en esta ocasión la respuesta aparecía de forma explícita en el texto.

En el Anexo II, se muestra el formato tal y como se les presentó a los sujetos de ambos grupos de preguntas (inferenciales y literales), a través de dos ejemplos rellenos por los sujetos.

2.3.4.- Procedimiento

Este primer experimento tuvo lugar dentro del aula en condiciones habituales del curso de primero de Bachillerato, en la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. Antes de comenzar la realización del mismo, tuvimos una entrevista formal con los profesores responsables del área de cada centro, así como con el director del Departamento de Orientación para explicar cuales eran nuestros objetivos, y también indicar el tiempo que deberían emplear los sujetos en cada una de las partes y qué materiales utilizarían. Se les explicó que la prueba consistía en tres partes fundamentalmente y que se realizaría en la sesión normal de clase: cincuenta y cinco minutos. Cada profesor nos presentó a su grupo y explicó a los estudiantes la intención de la prueba. Igualmente se les informó del objetivo de la misma y también sobre la confidencialidad de las respuestas y el anonimato, para que de este modo contestaran con total libertad.

Hechas las aclaraciones pertinentes se les entregó el cuestionario de conocimientos previos específicos (nueve preguntas de elección múltiple). Una vez acabada y entregada esta primera parte, se les repartió la versión textual al azar y el test de aprendizaje con las cuatro preguntas a todos a la vez. Se advirtió que en caso de necesitar tiempo extra se les concedería. Con objeto de controlar que todos los sujetos leyeron previamente el texto, el cuadernillo se diseñó con hojas de colores, intercalando una hoja de diferente color entre el texto y las cuestiones y no permitiendo pasar a la hoja de preguntas hasta que hubiesen leído el texto.

Las versiones de texto, original y manipulado, fueron asignadas a los sujetos de forma aleatoria y en igual número. Se informó a los sujetos que durante la respuesta a las cuatro preguntas del test de aprendizaje podían

consultar el texto cuantas veces necesitasen con el fin de elaborar las respuestas todo lo que fueran capaces.

No hubo incidencias a destacar durante la realización de las pruebas, y los sujetos mostraron buena disposición y colaboración.

3. Resultados y conclusiones

3.1. Resultados del test de Conocimientos Previos

Se obtuvo un promedio global de $4,20 \pm 1,56$ sobre nueve puntos para todos los sujetos que realizan la prueba. Podemos, ahora, dicotomizar esta variable en “alto conocimiento previo” (resultado por encima de la media) y “bajo conocimiento previo” (resultado por debajo de la media), el total de las puntuaciones obtenidas por sujetos de bajo conocimiento previo se sitúa en torno a una media de $3,70 \pm 0,58$ sobre el total de nueve puntos, y de $6,40 \pm 0,50$ para los sujetos de alto conocimiento previo. (Ver tabla 3)

<i>TEXTO</i>	<i>CONOCIMIENTO PREVIO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>SD</i>
Original	ALTO	6,30	0,48
	BAJO	3,60	0,52
Manipulado	ALTO	6,50	0,52
	BAJO	3,70	0,67

Tabla 3. La distribución de los sujetos respecto a la variable textual y su conocimiento previo

A continuación mostramos los porcentajes de acierto en cada una de las respuestas a las preguntas del test de conocimientos previos:

<i>PREGUNTAS TEST DE CONOCIMIENTOS PREVIOS</i>	<i>ACIERTO</i>
1.- La Teoría de la “Selección Natural” consiste en: a) El incremento progresivo de la proporción de los individuos con más potencia muscular. b) La muerte periódica de los individuos menos adaptados producida por una catástrofe natural. c) La supervivencia y reproducción de los individuos más adaptados.	88,8%
2.- La Teoría de la Evolución afirma que todas las especies de seres vivos: a) Aparecieron simultáneamente en la tierra. b) Han aparecido en momentos diferentes de la historia. c) No han cambiado desde su aparición hasta hoy.	91,6%
3.- Según Lamarck, podríamos decir que las jirafas tienen el cuello largo a consecuencia de: a) Modificaciones ventajosas surgidas por azar en su dotación hereditaria. b) Continuos estiramientos para poder comer las hojas de las copas de los árboles. c) Su relación de parentesco con otras especies animales que tenían el cuello muy desarrollado.	45,8%
4.- Según la teoría evolucionista de Lamarck, los caracteres adquiridos durante la vida de un animal: a) Pueden heredarse todos. b) No pueden heredarse nunca. c) Pueden heredarse sólo si son cambios notables. d)	34,7%
5.- Según Darwin, la evolución de las especies hay que considerar: a) Las proporciones de machos y hembras en la comunidad. b) La posibilidad para las comunidades de obtener recursos ilimitados en el medio. c) La limitación en los recursos naturales disponibles para las comunidades de seres vivos.	52,7%

<p>6.- Según Darwin, la evolución de las especies comienzan por:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Cambios genéticos beneficiosos surgidos al azar en algunos individuos dentro de su comunidad.b) Esfuerzos de los individuos por obtener recursos vitales y sobrevivir en un medio ambiente amenazador.c) Transformaciones provocadas en los individuos por catástrofes naturales que modifican sus cuerpos.	22,2%
<p>7.- El término “Selección Natural” es un concepto de la teoría evolucionista de :</p> <ul style="list-style-type: none">a) Lamarckb) Darwinc) Ambos científicos.	43%
<p>8.- Según la teoría evolucionista de Darwin, las serpientes son reptiles que no tienen extremidades porque:</p> <ul style="list-style-type: none">a) No las usaban, debido al modo en que obtienen sus recursos, arrastrándose entre la hierba.b) Desde su aparición sobre la tierra, no han tenido patas, a diferencia del resto de reptiles.c) No tener patas, lo que surgió por azar, supuso una ventaja para obtener recursos vitales en su comunidad.	25%
<p>9.- En la teoría de Darwin, los individuos mejor adaptados son:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Los que logran aprender durante su vida cómo aprovechar los recursos más eficientemente que los demás.b) Los que ganan a los demás la competición por los recursos naturales y se reproducen con éxito.c) Todos los que nacen con una característica corporal que los diferencia del resto de individuos de la comunidad.	34,7%

Tabla 4. Porcentajes de acierto en el test de conocimientos previos.

Por tanto, en lo que se refiere a los conocimientos previos, existen varios aspectos que debemos resaltar de la muestra estudiada:

- 1.- En primer lugar, los porcentajes de acierto más bajos son los referidos a las preguntas, 6, 8 con un 22,2%, 25% de acierto respectivamente. Esto nos indica que son muy pocos los sujetos que han interiorizado el mecanismo evolutivo de las especies aceptado por la ciencia actual y desconocen los postulados de Darwin. Concretamente, para la pregunta seis, el 68% de los sujetos selecciona la opción b (*esfuerzos de los individuos por obtener recursos vitales y sobrevivir en un medio ambiente amenazador*) como correcta y en la pregunta ocho, seleccionan un 36,1% de los sujetos la opción a (*No las usaban, debido al modo en que obtienen sus recursos, arrastrándose entre la hierba.*) y la b (*Desde su aparición sobre la Tierra, no han tenido patas, a diferencia del resto de reptiles*) un 30,5% Estos dos preguntas unidas, nos llevan a pensar que los alumnos mantienen ideas lamarckianas de la evolución en sus esquemas de conocimiento.
- 2.- Las puntuaciones intermedias que oscilan entre el 34,7 y el 45,8 se refieren a las preguntas 4, 9, 7 y 3 respectivamente. Estas preguntas van enfocadas a la búsqueda de conocimientos sobre las teorías evolucionistas y sus creadores. Estos resultados indican que los sujetos sí están familiarizados con los creadores, pero desconocen los principios básicos de sus teorías. Dicho de otro modo, conocen la existencia de Darwin y Lamarck pero desconocen sus aportaciones científicas. Igualmente que en el punto anterior, las preguntas incorrectas se distribuyen en: Para la pregunta 4 37,5% de los sujetos seleccionan la opción “c”. Para la 9:58,3% seleccionan la opción “a”,

para la 7 37,5% seleccionan la opción “a” y por ultimo para la pregunta 3 el 27,7% seleccionan la respuesta “a”

3.- Un 88,8% de acierto para la primera pregunta indica que los sujetos sí conocen el contenido fundamental de la Teoría de Selección Natural (supervivencia y reproducción de los individuos más adaptados). Resalta la pregunta número dos, que con un 91,6% de acierto nos señala que los sujetos poseen un buen conocimiento previo sobre lo que afirma la Teoría de la Evolución sobre el origen simultáneo o no de las especies sobre la Tierra y sobre el hecho de que estas especies cambian con el tiempo. Estos altos porcentajes de acierto, sin embargo, no implican que los sujetos hayan superado sus concepciones alternativas lamarkianas, sepan aplicar la teoría o que comprendan los detalles de la misma.

En conclusión, del test de conocimientos previos, podemos decir: los sujetos a pesar de tener nociones entorno a la existencia de la evolución, evidencias lagunas en cuanto a los mecanismos evolutivos y mezclan conceptos de las teorías lamarkianas y darvinistas de la evolución.

3. 2. Resultados en la Prueba de Comprensión

Las cuatro preguntas del test final de aprendizaje fueron corregidas y analizadas estadísticamente mediante una prueba “ANOVA”, con dos factores, empleando la aplicación informática SPSS-14.0. Los resultados se recogen en el siguiente cuadro:

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG.</i>
Modelo corregido	9,138	3	3,046	5,183	0,003
Intersección	200,217	1	200,217	340,692	0,000
TEXTO	4,997	1	4,997	8,503	0,005
CP	4,907	1	4,907	8,350	0,005
TEXTO * CP	3,907E-02	1	3,907E-02	0,066	0,797
Error	39,374	67	0,588		
Total	248,668	71			
Total corregida	48,512	70			

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico para ambas versiones textuales (R cuadrado = ,188 (R cuadrado corregida = ,152)

Como se aprecia, existen diferencias significativas tanto en la variable versión de texto como en la de conocimiento previo, al nivel de confianza del 95%. La versión mejorada del texto, produce mejores aprendizajes que la original; y los sujetos de conocimiento previo alto, rinden mejor que los de bajo conocimiento previo, con independencia de la versión textual leída. Sin embargo, no aparecen efectos de interacción texto-conocimiento previo, por lo que la versión textual mejorada es igualmente eficiente para ambos grupos de sujetos.

Texto	<i>ALTO CONOCIMIENTO PREVIO</i>		<i>BAJO CONOCIMIENTO PREVIO</i>	
	MEDIA	DS	MEDIA	DS
Original	1,8	0,9	1,0	0,7
Manipulado	2,1	0,8	1,6	0,9

Tabla 6. Porcentajes de acierto al cuestionario de los sujetos según su conocimiento previo y versión de texto leída. .

En la tabla seis, se muestra como el promedio de acierto en los sujetos de bajo conocimiento previo aumenta desde $1,0 \pm 0,7$ a un $1,6 \pm 0,9$ siendo superior al aumento que experimentan los sujetos de alto conocimiento previo. Esto indica que el procedimiento de manipulación fue efectivo para hacer más comprensible el texto para ambos grupos, pero en mayor medida a los sujetos de bajo conocimiento previo. Estos resultados son análogos a los obtenidos en otra investigación anterior con los mismos textos (Vidal-Abarca et al, 2002) De modo que, en este sentido este estudio puede considerarse una réplica de aquel.

3.3. Conclusiones

Las hipótesis planteadas en nuestro primer experimento eran:

- 1.-El conocimiento previo de los sujetos influirá en el nivel de comprensión alcanzado medido por el éxito en la resolución de cuestiones literales e inferenciales. Los sujetos de alto conocimiento previo alcanzarán mejores puntuaciones que los de CP bajo, sobre todo en tareas que requieran de modelos de la situación ricos, como es responder a preguntas inferenciales
- 2.-La facilitación de inferencias globales, necesarias para conectar información contenida en segmentos distantes en un texto científico, mejorará el rendimiento en resolución de cuestiones inferenciales sobre el contenido tratado. Este tipo de cuestiones son típicas en la evaluación del aprendizaje de las ciencias experimentales.

Vemos que el factor textual es, generalmente, básico en la comprensión adecuada del texto, como se aprecia en su posterior aprovechamiento, obteniendo diferencias significativas entre ambos textos. Por tanto, como se puede apreciar en los resultados, el texto original presenta mayores dificultades de comprensión que el texto manipulado mediante ETAT. Sin los fragmentos añadidos, los sujetos no se benefician de las mejoras en cohesión textual y son incapaces de superar los porcentajes de acierto de los sujetos que realizan el experimento con el texto manipulado. Así, los sujetos que leyeron la versión mejorada del texto, respondieron mejor al cuestionario. De forma general, se produce una mejoría en la respuesta a todas las preguntas de los sujetos que leyeron el texto manipulado frente a aquellos sujetos que leyeron el texto original.

En cuanto al análisis del efecto del conocimiento previo, los resultados están en consonancia con todo lo encontrado en la investigación anterior: esquemas de conocimiento ricos permiten una comprensión mejor de la nueva información. Sin embargo, no hay interacción entre esta variable y la textual ya que obtenemos mejores resultados tanto para el grupo de bajo conocimiento previo como para el de alto en el texto manipulado. Es decir: ambos grupos de sujetos, se benefician de la facilitación de conexiones entre ideas lejanas en el texto original.

La conclusión de este experimento es que la facilitación de la interrelación de las ideas principales de un texto, facilita el aprendizaje. Sin embargo, en el grupo de bajo conocimiento previo existen algunos sujetos que demuestran una alta comprensión del texto, con independencia de la versión leída. Ahora podemos intentar ir más allá y preguntarnos: ¿A qué se debe que algunos sujetos con esquemas pobres o erróneos de conocimiento aprendan mucho, tanto con el texto original como con el manipulado, mientras otros no lo hacen? ¿Cuál es el papel de las estrategias de aprendizaje en el rendimiento en ciencias? ¿Qué diferencia un buen aprendiz de uno ineficaz? ¿Pueden observarse diferencias en el proceso de aprendizaje a partir del texto y no sólo en el resultado del mismo? ¿Existen patrones de lectura o de procesamiento del texto que son característicos de los buenos/malos aprendices? Para estudiar estos aspectos es necesario diseñar un experimento en el que el proceso mismo de lectura y procesamiento de la información se hagan observables y se puedan controlar las variables del proceso.

CAPÍTULO IV

EXPERIMENTO II

ESTRATEGIAS DE COMPRENSIÓN DURANTE LA LECTURA DE TEXTOS CIENTÍFICOS PARA RESPONDER CUESTIONES

CAPÍTULO IV

EXPERIMENTO II

Estrategias de Comprensión durante la lectura de Textos Científicos para responder cuestiones

Introducción

En el Experimento I se encontraron diferencias significativas en la comprensión, debidas: tanto a la variable versión de texto leído, como a la variable conocimiento previo de los sujetos, demostrando estadísticamente que estos factores afectan el aprendizaje de los sujetos en general, quizás interaccionando con otras variables internas de los aprendices, tales como su motivación o sus estrategias. Estos resultados concuerdan con los trabajos realizados en la misma línea por diferentes investigadores (Sanjosé y Vidal-Abarca, 1998; Singer y Kintsch, 2001). Es obvio que existen otras variables, distribuidas al azar en la población, que afectan el rendimiento de los sujetos, algunas de ellas, quizá, podrían ser estudiadas indirectamente observando los comportamientos mostrados por los sujetos cuando tienen que responder preguntas concretas de comprensión y necesitan buscar información. Es decir, se trata de estudiar los procesos de búsqueda y procesamiento de información textual con el objetivo de responder preguntas de comprensión.

1. Planteamiento y objetivo

En cada uno de los 4 grupos de tratamiento del experimento I aparecieron diferencias individuales: sujetos cuyo rendimiento tras la lectura fue alto y sujetos cuyo aprendizaje fue insatisfactorio. Surge entonces la pregunta de cuáles son las variables internas de los lectores que posibilitan estas diferencias, más allá de las bondades del texto y del conocimiento previo de los sujetos sobre el tema. Sería de gran interés estudiar las estrategias que los lectores ponen en juego cuando quieren comprender un texto. Nuestro planteamiento se ve recogido en las siguientes cuestiones: ¿Existen diferencias observables en el modo de procesar un texto expositivo, de ciencias, entre los buenos aprendices y los aprendices de bajo rendimiento? ¿Realizan acciones diferentes al procesar el texto unos y otros? ¿Es posible identificar estrategias asociadas con el éxito en la comprensión de textos científicos y otras asociadas con el fracaso en ello?

Nuestra hipótesis queda configurada como sigue: *el nivel de aprendizaje alcanzado tras el procesamiento del texto está asociado con el uso de estrategias concretas durante la lectura y el procesamiento de la información.*

Dicho de otro modo: *Los sujetos de alto rendimiento muestran patrones de comportamiento, durante la lectura del texto y posterior consulta del mismo, para responder las cuestiones de comprensión, diferentes a los mostrados por los sujetos de bajo rendimiento.*

Estas estrategias pueden ser objetivadas mediante un estudio on-line en donde las acciones de los sujetos puedan ser controladas. Las estrategias de procesamiento de la información han sido objeto de estudios diversos (Magliano et al, 1999; Vidal-Abarca et al., 2002) utilizando metodologías on-line para valorar las variables intervinientes. Siguiendo en esta línea, para

analizar las estrategias que emplean los sujetos en el manejo de la información haremos uso de la herramienta informática *Read & Answer*. Dispondremos pues de la información facilitada por este *software* que nos permite conocer, paso a paso, el conjunto de acciones que el lector realiza para alcanzar su objetivo, así como el tiempo empleado en cada una de estas acciones.

2. Metodología

2.1. Muestra

Esta experiencia se realizó sobre una muestra de estudiantes pertenecientes a un Instituto de Enseñanza Secundaria (el IES de Ribarroja). Al igual que en el Experimento I seleccionamos sujetos de un mismo nivel educativo, 1º de Bachillerato, pero en esta ocasión tomamos también sujetos de la especialidad de Letras, ya que las estrategias de búsqueda y procesamiento de información podrían ser independientes del conocimiento previo, y el contenido propuesto en los textos experimentales está a un nivel similar al que todos ellos estudiaron ya en 4º de ESO.

Así pues, la muestra inicial fue de 85 sujetos que pasaron el test de Conocimientos Previos sobre el tema de Evolución de las Especies.

Los materiales empleados en este segundo experimento son los mismos que se usaron en el experimento I: test de conocimientos previos, 2 versiones textuales, preguntas de comprensión.

A partir de los resultados obtenidos en el test de Conocimientos Previos, se establecieron los dos niveles de CP, que fueron definidos así; CP alto: sujetos con una puntuación en este test superior a 4 puntos; CP bajo: sujetos con puntuación inferior a 4 puntos. Así mismo, se eliminaron de la muestra los

sujetos con puntuaciones extremas en el test de Conocimientos Previos (menos de 2 puntos y más de 8 puntos sobre un máximo de 9). Igualmente, se eliminaron los sujetos cuyo comportamiento, durante esta prueba inicial, puso de manifiesto escaso o nulo deseo de colaborar en la investigación. Estas dos medidas se tomaron con objeto de crear dos grupos claramente diferenciados entre los sujetos que iban a ser tratados en el experimento on line. De este modo la muestra quedó configurada con 40 estudiantes.

Los 40 sujetos de la muestra leyeron su texto, a través de la herramienta Read & Answer y contestaron las diferentes preguntas en la prueba final de conocimientos (la misma que en el Experimento I) pero en esta ocasión, al consultar el texto, a discreción, para contestar de forma óptima, sus acciones quedaban registradas gracias a la herramienta Read & Answer.

2.2. Diseño del experimento

El Experimento II está diseñado siguiendo la misma línea que establecimos para el Experimento I. Por lo que, el Test de CP, las versiones del texto (original y manipulado) y la prueba final de comprensión son coincidentes. De esta forma, se mantiene el diseño experimental 2X2, siendo los factores independientes el Conocimiento Previo (alto/bajo) y la versión del texto leída (Original/Manipulado). Las variables dependientes son: el aprendizaje, medido por una prueba de resolución de cuestiones, y un conjunto de variables asociadas con el proceso de búsqueda y procesamiento de la información para contestar cuestiones (ver apartado 2.5).

Los sujetos se asignaron al azar a cada una de las versiones textuales en ambos niveles de CP. Los 40 sujetos seleccionados leyeron la versión de su texto asignada (original y manipulado) y contestaron a las preguntas de la

prueba final (4 preguntas, 2 literales y 2 inferenciales), haciendo uso del Software Read & Answer, inspirado en la aplicación Select-the-text (Goldman y Saul, 1990).

2.3. Materiales e instrumentos

Como se ha dicho ya, el test de CP, las dos versiones textuales y las cuestiones finales de comprensión, son exactamente los mismos utilizados en el experimento 1. Sin embargo, en este experimento se utilizó una herramienta específica para medidas on line. Esta herramienta requiere una adaptación de los textos que explicamos a continuación.

2.3.1.- Read & Answer

Read&Answer es una herramienta útil para estudiar procesos on-line de comprensión y aprendizaje de textos, ya que registra el comportamiento del lector: cuando lee textos, contesta preguntas, consulta el texto al responder, etc. Este sistema facilita indagar, paso a paso, cómo ha desarrollado el sujeto toda la prueba, quedando registrada cada acción que realiza: tanto a lo largo del proceso de lectura (qué información ha consultado, durante cuánto tiempo y cuántas veces, etc.) como durante el proceso de respuesta (cómo ha elaborado las respuestas, cuando y durante cuánto tiempo ha consultado la pregunta mientras elaboraba la respuesta.).

En la fase de lectura, Read & Answer, presenta a los lectores una pantalla completa de texto enmascarado (las letras se sustituyen por un signo gráfico en forma de mancha redondeada) que respeta la estructuración en palabras, frases y párrafos (Ver Figura 1)

Los lectores desenmascaran un segmento de información haciendo clic en él (Ver Figura 2). Cuando desenmascaran otro segmento, el primero se vuelve a enmascarar; de esta forma, sólo es visible un segmento de información cada vez. Sin embargo, las características gráficas del texto (en lo que se refiere por ejemplo a longitud de párrafo o posición del segmento en el texto) permanecen siempre visibles para el lector.

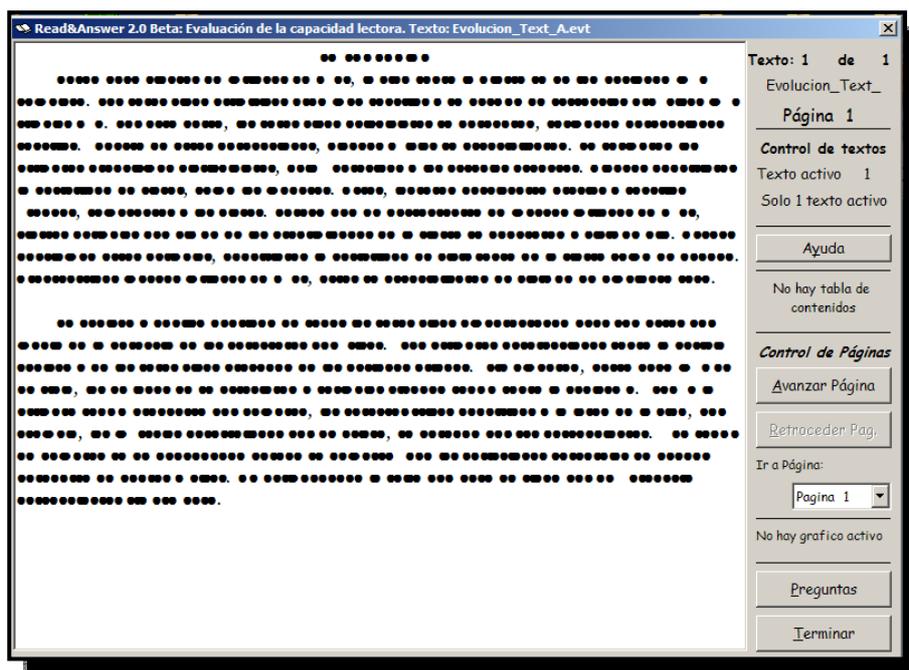


Figura 1. Presentación de los textos con Read & Answer: todo el texto enmascarado.

Los lectores pueden leer y releer los segmentos en el orden que elijan, así como consultar las páginas tantas veces como deseen. Pulsando sobre el icono en la parte derecha de la pantalla, el usuario puede pasar a la siguiente página del texto o regresar a la anterior. (Ver Figura 3)

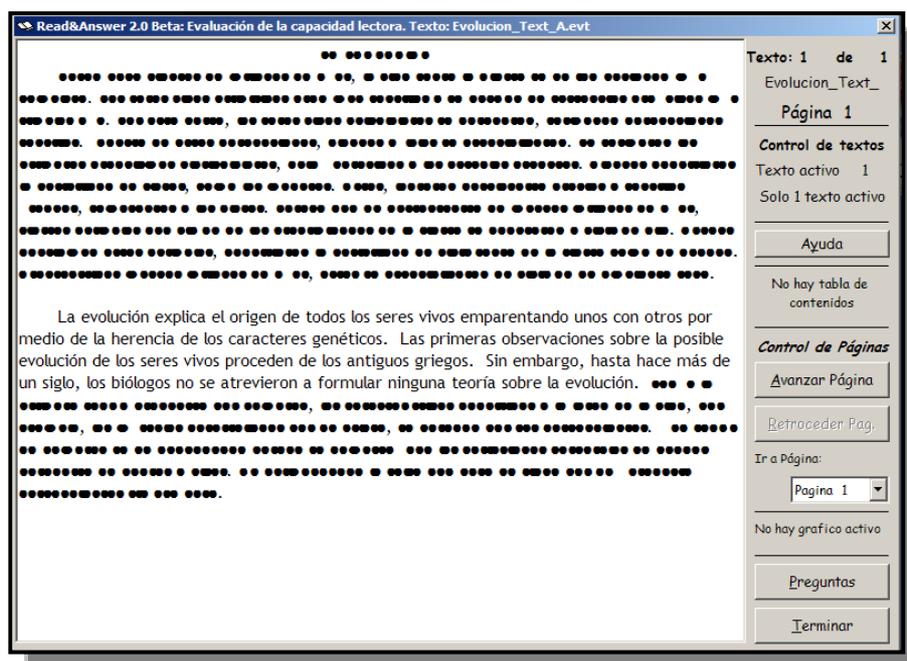


Figura 2. Presentación del texto con Read & Answer: un segmento de información ha sido desenmascarado para su lectura.

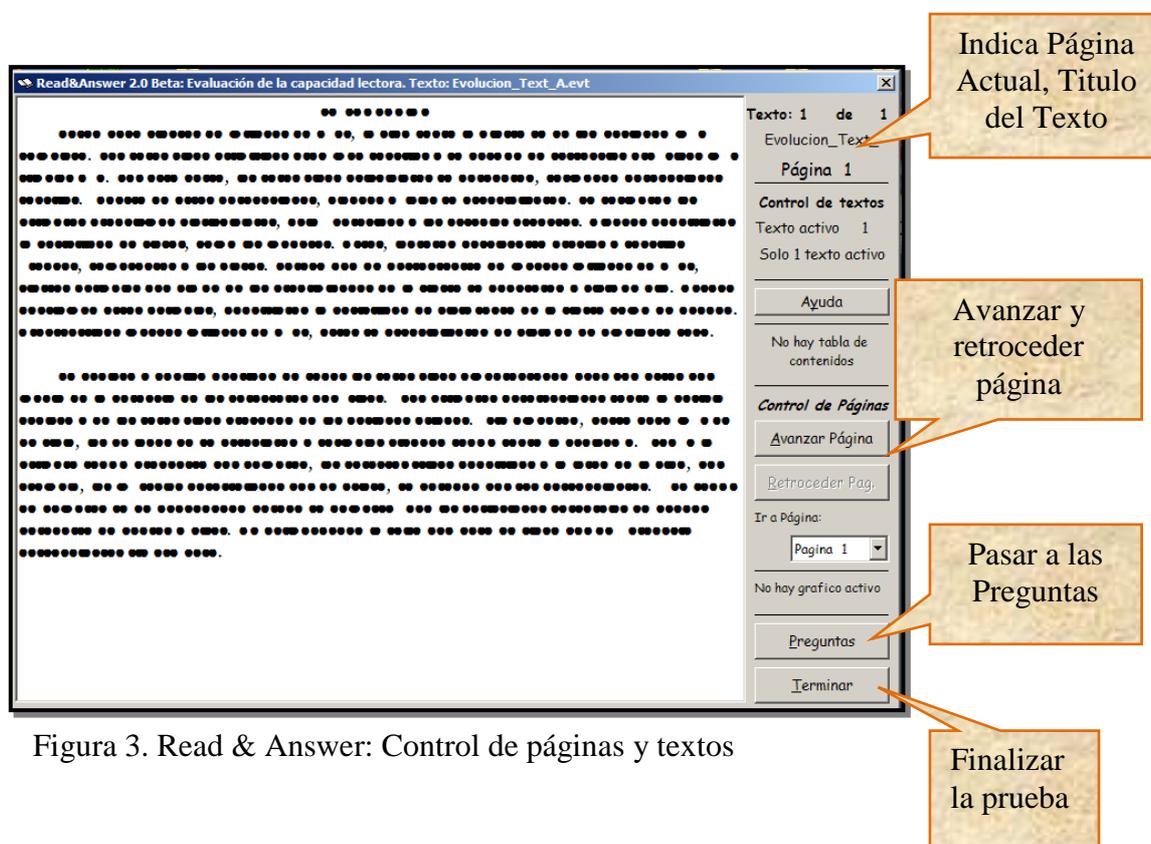


Figura 3. Read & Answer: Control de páginas y textos

Tras la presentación del texto, el lector puede elegir pasar a la fase de preguntas o volver a leer el texto. Si decide pasar a la fase de preguntas, el programa se las muestra en una pantalla con dos zonas diferenciadas:

- En la superior se encuentra el texto de la pregunta enmascarado, siendo sólo visible cuando el sujeto presiona el botón izquierdo del ratón situándose sobre la misma y lo mantiene presionado.
- En la zona inferior existe un espacio donde podrá escribir la respuesta.

En cualquier momento y mediante un simple clic sobre el icono “Volver al Texto”, el sujeto puede regresar al texto para hacer las comprobaciones que considere oportunas. Una vez contestada la pregunta, desde esta misma pantalla, haciendo clic sobre el icono “Av. Preg.” podemos pasar a la siguiente pregunta. Una vez contestadas todas las preguntas, el sujeto, puede seleccionar el icono “Finalizar Sesión” terminando la prueba

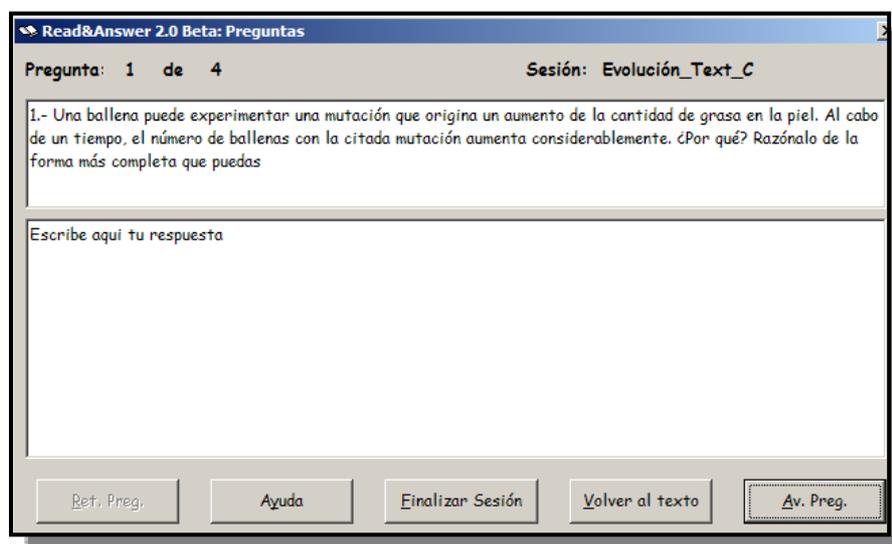


Figura 4. Fase de preguntas. La pregunta permanece visible durante el tiempo en el que se mantiene presionado el botón izquierdo del ratón.

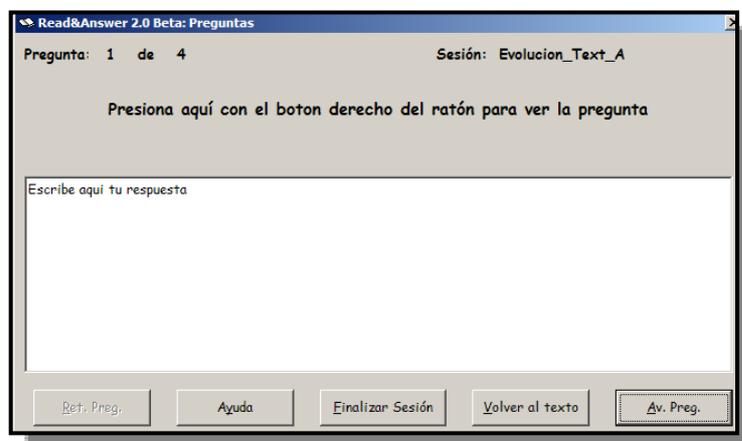


Figura 5. Fase de preguntas. La pregunta permanece oculta hasta que se presiona sobre ella con el ratón (clic).

Finalizado el proceso, Read & Answer genera automáticamente una salida de datos referidos a:

1. Secuenciación de las acciones. Una lista que representa la secuencia de acciones que el lector ha realizado mientras hacía uso de Read & Answer. Existen 3 tipos de acciones posibles para un lector que el programa muestra en orden cronológico: a) lectura de un segmento concreto; b) lectura de una pregunta concreta; c) respuesta a una pregunta concreta.
2. Resumen de lectura. Ofrece varios parámetros asociados a la lectura del texto, referidos a: a) El número de visitas a cada segmento; b) La cantidad total de tiempo invertida en cada segmento (suma de tiempos de todas las veces que ha sido consultado cada segmento); c) La razón entre tiempo total empleado en leer ese segmento de texto y el número de palabras del mismo (tiempo/palabra); d) El cociente entre el

tiempo/palabra anterior y el número de veces en que leyó el segmento (tiempo/palabra/número de visitas).

3. Resumen de la fase de respuestas. Donde aparecen varios índices asociados al tiempo que el sujeto dedica a responder, como: a) El número de visitas a cada pregunta; b) La cantidad total de tiempo invertida en la lectura de cada pregunta; c) Tiempo empleado en responder.

2.3.2.- Adaptación de los textos

Los textos utilizados en el Experimento I se transformaron en un formato compatible con el software Read & Answer, de forma que se pudiesen presentar a los sujetos mediante un ordenador, quedando estructurados en tres pantallas, correspondientes a las siguientes páginas:

En la Página 1 se incluyen los siguientes segmentos:

<i>TEXTO ORIGINAL</i>	<i>TEXTO MANIPULADO</i>
Segmento 1.1: “La Evolución”	Segmento 1.1: “La Evolución”
Segmento 1.2: Desde hace cientos de millones de años, la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja. Los seres vivos primitivos eran muy sencillos y se nutrían de sustancias orgánicas más simples aún. Por otra parte, los seres vivos unicelulares se agruparon, formando agrupaciones sencillas.	Segmento 1.2: Desde hace cientos de millones de años, la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja. <i>Los seres vivos comenzaron siendo tan simples como una bacteria para llegar a ser tan complejos como los mamíferos.</i> Los seres vivos primitivos eran muy sencillos y se nutrían de sustancias orgánicas más simples aún.
Segmento 1.3: Dentro de estas agrupaciones, algunas células se especializaron. Se formaron los primeros organismos pluricelulares, quizá parecidos a las actuales esponjas. Algunos adquirieron la	Segmento 1.3: Por otra parte, los seres vivos unicelulares se agruparon, formando agrupaciones sencillas. Dentro de estas agrupaciones, algunas células se especializaron. Se formaron

<p>posibilidad de flotar, como las medusas. Otros, lograron desplazarse gracias a sencillos órganos, semejantes a las aletas.</p>	<p>los primeros organismos pluricelulares, quizá parecidos a las actuales esponjas. Algunos adquirieron la posibilidad de flotar, como las medusas. Otros, lograron desplazarse gracias a sencillos órganos, semejantes a las aletas.</p>
<p>Segmento 1.4: Parece que en el transcurso de muchos millones de años, ciertos animales que vivían en las proximidades de la tierra se adaptaron a vivir en ella. Al cabo del tiempo estos animales, adquirieron la posibilidad de vivir tanto en la tierra como en el agua. Transcurridos muchos millones de años, otros se especializaron en vivir en un ambiente seco.</p>	<p>Segmento 1.4: Parece que en el transcurso de muchos millones de años, ciertos animales que vivían en las proximidades de la tierra se adaptaron a vivir en ella. Al cabo del tiempo estos animales, adquirieron la posibilidad de vivir tanto en la tierra como en el agua. Transcurridos muchos millones de años, otros se especializaron en vivir en un ambiente seco.</p>
<p>Segmento 1.5: La evolución explica el origen de todos los seres vivos emparentando unos con otros por medio de la herencia de los caracteres genéticos. Las primeras observaciones sobre la posible evolución de los seres vivos proceden de los antiguos griegos. Sin embargo, hasta hace más de un siglo, los biólogos no se atrevieron a formular ninguna teoría sobre la evolución.</p>	<p>Segmento 1.5: Las teorías de la evolución tienen que explicar cómo se ha podido llegar a la situación actual en la que hay seres tan evolucionados como perros, monos u hombres partiendo de formas de vida tan elementales como las descritas antes. La evolución explica el origen de todos los seres vivos emparentando unos con otros por medio de la herencia de los caracteres genéticos.</p>
<p>Segmento 1.6: Según la primera teoría propuesta por Lamarck, las características adquiridas a lo largo de la vida, por ejemplo, los músculos desarrollados por un atleta, se heredan por sus descendientes. La teoría de Lamarck se ha abandonado porque se demostró que las variaciones corporales no pueden heredarse de padres a hijos. Un animal al que le falte una pata no tiene por qué producir descendientes sin esa pata.</p>	<p>Segmento 1.6: Las primeras observaciones sobre la posible evolución de los seres vivos proceden de los antiguos griegos. Sin embargo, hasta hace más de un siglo, los biólogos no se atrevieron a formular ninguna teoría sobre la evolución. Según la primera teoría propuesta por Lamarck, las características adquiridas a lo largo de la vida, por ejemplo, los músculos desarrollados por un atleta, se heredan por sus descendientes. La teoría de Lamarck se ha abandonado porque se demostró que las variaciones corporales no pueden</p>

	heredarse de padres a hijos. Un animal al que le falte una pata no tiene por qué producir descendientes sin esa pata.
--	---

Tabla 1. Segmentos correspondientes a la pagina 1 del texto en Read & Answer. Las partes resaltadas en cursiva, corresponden a fragmentos añadidos para el texto manipulado.

La página 2 corresponde a los siguientes segmentos:

<i>TEXTO ORIGINAL</i>	<i>TEXTO MANIPULADO</i>
Segmento 2.1: La teoría admitida actualmente fue propuesta por Darwin a mediados del siglo pasado Darwin observó que en todos los seres vivos se producían variaciones en su estructura. Algunas eran perjudiciales para el individuo, pero otras eran favorables.	Segmento 2.1: La teoría admitida actualmente fue propuesta por Darwin a mediados del siglo pasado Darwin observó que en todos los seres vivos se producían variaciones en su estructura <i>o en la forma de su cuerpo (tamaño, longitud de las extremidades)</i> . Algunas eran perjudiciales para el individuo, pero otras eran favorables.
Segmento 2.2: Darwin propuso que los seres vivos que sufrían variaciones beneficiosas podían estar mejor adaptados al ambiente. Estos seres vivos tenían más posibilidades de tener una larga vida, de reproducirse y de transmitir las variaciones genéticas.	Segmento 2.2: Darwin propuso que los seres vivos que sufrían variaciones beneficiosas podían estar mejor adaptados al ambiente. Estos seres vivos tenían más posibilidades de tener una larga vida, de reproducirse y de transmitir las variaciones genéticas.
Segmento 2.3: Según Darwin, a lo largo de generaciones, se fueron produciendo muchos pequeños cambios. Si estos cambios facilitaban la supervivencia, se originaban individuos con caracteres distintos de los caracteres que tenían sus lejanos antecesores.	Segmento 2.3: Según Darwin, a lo largo de generaciones, se fueron produciendo muchos pequeños cambios. Si estos cambios facilitaban la supervivencia, se originaban individuos con caracteres distintos de los caracteres que tenían sus lejanos antecesores.
Segmento 2.4: Durante la reproducción, al formarse los cromosomas de las células sexuales, resultan nuevos organismos de características genéticas distintas a las de sus progenitores. Así se originan nuevos organismos, todos distintos entre sí, y mejor o peor adaptados al ambiente.	Segmento 2.4: <i>En el siglo pasado cuando Darwin formuló su teoría, se desconocían los mecanismos de variación genética que hacen que aparezcan nuevos seres diferentes de sus padres.</i> Durante la reproducción, al formarse los cromosomas de las células sexuales, resultan nuevos organismos de características genéticas distintas a las de sus progenitores. Así se originan nuevos organismos, todos distintos entre sí, y mejor o peor adaptados al

	ambiente.
<p>Segmento 2.5: Los genes de la célula reproductora de un ser vivo varían en el transcurso de su vida. A este cambio accidental se le llama mutación. Normalmente, una mutación origina una cierta deficiencia. En unos pocos casos, la mutación origina un individuo con mejores características.</p>	<p>Segmento 2.5: <i>Otra forma en que los organismos llegan a ser distintos de sus progenitores es cuando los genes de la célula reproductora de un ser vivo varían en el transcurso de su vida. A este cambio accidental se le llama mutación. Normalmente, una mutación origina una cierta deficiencia. En algunos casos, esta deficiencia es grave y puede llegar a producir la muerte del individuo.</i> En unos pocos casos, la mutación origina un individuo con mejores características.</p>
<p>Segmento 2.6: Se calcula que las mutaciones se producen normalmente en la naturaleza, una vez por cada millón de individuos. Pero hay factores ambientales que producen mutaciones más frecuentes, por ejemplo, ciertas sustancias químicas o la radioactividad.</p>	<p>Segmento 2.6: Se calcula que las mutaciones se producen normalmente en la naturaleza, una vez por cada millón de individuos. Pero hay factores ambientales que producen mutaciones más frecuentes, por ejemplo, ciertas sustancias químicas o la radioactividad.</p>

Tabla 2. Segmentos correspondientes a la pagina 2 en Read&Answer. Las oraciones resaltadas en negrita corresponden a los fragmentos añadidos en el texto manipulado.

Finalmente en la página 3 se incluyen los siguientes segmentos:

<i>TEXTO ORIGINAL</i>	<i>TEXTO MANIPULADO</i>
<p>Segmento 3.1: Imaginemos que el proceso de la evolución actúa sobre una población de ovejas de una región fría. En esta población una oveja podría sufrir una variación o una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana. Esta oveja estaría mejor adaptada que el resto para resistir el frío.</p>	<p>Segmento 3.1: Imaginemos que el proceso de la evolución actúa sobre una población de ovejas de una región fría <i>teniendo en cuenta lo que sabemos sobre cómo se transmite la herencia genética</i> En esta población una oveja podría sufrir una variación o una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana.</p>
<p>Segmento 3.2: La oveja sobreviviría un mayor número de estaciones y podría producir más descendientes que otra del rebaño. De esta forma aparecerán ovejas mejor adaptadas que el resto de la población.</p>	<p>Segmento 3.2: Esta oveja estaría mejor adaptada que el resto para resistir el frío. La oveja sobreviviría un mayor número de estaciones y podría producir más descendientes que otra del rebaño. De esta</p>

	forma aparecerán ovejas mejor adaptadas que el resto de la población.
Segmento 3.3: Al cabo de mucho tiempo se originará una variación en la especie, y aumentará cada vez más el número de ovejas que poseen ese determinado gen. Se habrá producido una selección de la especie. Al cabo del tiempo, las ovejas menos adaptadas pueden llegar a desaparecer.	Segmento 3.3: <i>¡Acuérdate que las características genéticas se transmiten de padres a hijos!</i> Al cabo de mucho tiempo se originará una variación en la especie, y aumentará cada vez más el número de ovejas que poseen ese determinado gen. Se habrá producido una selección de la especie. Al cabo del tiempo, las ovejas menos adaptadas pueden llegar a desaparecer.

Tabla 3. Segmentos correspondientes a la pagina 3 en Read & Answer. Los fragmentos resaltados en negrita corresponden a las partes añadidas para el texto manipulado

2.3.3.- Adaptación de las cuestiones de comprensión

Para esta última fase utilizamos las mismas cuestiones que en el Experimento I, retomando su estructura, por lo que el proceso de construcción de la respuesta es idéntico al expuesto en el capítulo 3. No obstante y dado que se realizó una nueva segmentación de los textos para incluirlos en el programa, a continuación detallamos únicamente la numeración de los segmentos necesarios para que el sujeto logre construir una respuesta correcta a cada tipo de pregunta. Las preguntas quedaron agrupadas en:

A.- Preguntas de dificultad elevada (inferenciales): Dentro de esta categoría tenemos las preguntas 1 y 3.

Pregunta 1: *Una ballena puede experimentar una mutación que origina un aumento de la cantidad de grasa en la piel. Al cabo de un tiempo, el número de ballenas con la citada mutación aumenta*

considerablemente. ¿Por qué? Razónalo de la forma más completa que puedas.

La respuesta tipo a esta pregunta podría construirse mediante dos mecanismos. En primer lugar, la premisa de cambio: el sujeto puede inferir a partir de la teoría general darviniana, expuesta en los segmentos 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 de los textos. En segundo lugar, el sujeto puede establecer una analogía entre el ejemplo explicado en el texto sobre una oveja y la demanda de la pregunta expuesto en los segmentos 3.1, 3.2 y 3.3 de los textos. Para una respuesta correcta el sujeto debe consultar estos segmentos pertinentes.

Pregunta 3: Explica cómo es posible que unos seres vivos sean diferentes de sus antecesores.

El objetivo de esta pregunta es indagar qué han entendido los sujetos sobre el concepto de variación genética y transmisión de caracteres, aplicándolo a los mecanismos darvinistas de evolución y cambio en las especies. En los textos, la información pertinente para responder correctamente a esta pregunta se encuentra en la página dos, en los segmentos 2.2 a 2.5 pero debe ser elaborada mediante inferencias para responder correctamente.

B.- Preguntas de baja dificultad (literales): En esta prueba corresponden con las preguntas 2 y 4.

Pregunta 2: dice textualmente: Explica brevemente que quiere decir que la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja.

Esta pregunta se centra en el proceso de aumento de la complejidad de muchos seres vivos. La información pertinente para responder, se encuentra en los segmentos contiguos 1.2 y 1.3, mediante esta información el sujeto puede construir una respuesta correcta.

Pregunta 4: que dice textualmente: Después de que una oveja sufra una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana. ¿Cómo es que aparecen ovejas mejor adaptadas que el resto de la población? Razónalo de la forma más compleja que puedas.

Para que un sujeto conteste correctamente debe consultar la información presente en los segmentos 3.1, 3.2 y 3.3, en los que aparece explícitamente el caso requerido por la pregunta.

2.3.4.- Procedimiento

Para la realización de la prueba de conocimientos previos específicos se utilizaron las aulas habituales del centro. Se desarrolló en horario lectivo, con una duración de 50 minutos. Se trata de una práctica que no supone una carga de estudio adicional para los sujetos, no obligándoles a acudir fuera del horario lectivo que, en ocasiones, puede alterar los resultados. Estos tests, al igual que en el experimento I, fueron presentados a los alumnos por el profesor responsable del área y en presencia del investigador, así tuvimos seguridad de que no existieron interferencias y que los cuestionarios se pasaron dentro de las condiciones necesarias para su correcta resolución, sin intimidación ni presiones para los sujetos. Además, tanto al inicio como durante la realización de la prueba se les aclaró que la realización del

cuestionario así como su resultado, no influía en la nota de la evaluación y que los datos eran confidenciales y sólo se usarían en el seno de la investigación.

Tras la realización del test de conocimientos previos específicos, se explicó que los sujetos seleccionados deberían realizar una segunda prueba (on line con Read & Answer) en los ordenadores disponibles. Para esta segunda parte y dada las condiciones particulares del experimento, los sujetos seleccionados salieron de su aula y realizaron la prueba uno a uno, en presencia del investigador. Dispusieron de todo el tiempo necesario para llevar a cabo la sesión completa, en un aula vacía que el Instituto dispuso específicamente para la ocasión.

Los 40 sujetos seleccionados fueron entrenados en el manejo del programa Read & Answer durante 20 minutos, aproximadamente, lo que les permitió familiarizarse con el programa y de esta forma eliminar variables contextuales relacionadas con el manejo del software. Para este ensayo, se utilizó un texto corto de una temática completamente diferente, en concreto se utilizó un texto corto con tres preguntas de comprensión sobre *Los Cometas*, en el Anexo III se muestra el texto íntegro junto a las preguntas. Los sujetos se entrenaron en el manejo de las opciones del programa, aprendieron cómo activar/desactivar los segmentos, avanzar página, así como la forma de responder a las preguntas. Una vez completado el entrenamiento, se abordó la realización de la prueba experimental. El experimento con Read & Answer se realizó también dentro del horario lectivo y la reacción de los sujetos fue visiblemente satisfactoria. Los sujetos fueron instruidos para seguir el siguiente orden: leer por primera vez el texto asignado con atención, y luego acceder a cada una de las preguntas, leerla y tratar de contestarla consultando

el texto cuando lo consideraran oportuno. Cuando respondieran las 4 preguntas la sesión finalizaría.

El papel del investigador durante el entrenamiento fue el de instructor, clarificando las dudas y asegurando la competencia del sujeto en el manejo de la aplicación. En la fase experimental, el investigador fue un mero observador y controlador de la uniformidad del procedimiento.

2.4. Criterios de valoración

Los criterios normativos de evaluación establecidos para este segundo experimento, son análogos a los utilizados en el Experimento I. En el test de conocimientos previos se valoraba cada pregunta acertada como un +1 puntos y cada pregunta errónea, como cero (los errores no puntuaban negativamente). La puntuación máxima es nueve como se dijo en el Capítulo III. Únicamente es necesario introducir criterios en la valoración de los nuevos datos referentes al proceso de lectura y consulta de segmentos textuales.

Dado que el programa Read & Answer presenta los segmentos del texto enmascarados, los sujetos tienen que pulsar (clic) necesariamente encima de cada uno para ver qué información contienen. A la hora de consultar diferentes fragmentos de información del texto, los sujetos con frecuencia desenmascaran segmentos que realmente no leen porque no son los buscados, ya que normalmente no guardan memoria fiel de la ubicación de la información en las pantallas mostradas. Por tanto, es necesario crear un criterio para discriminar cuando un segmento de información está siendo realmente leído (procesado) y cuando no. De entre las variables que Read & Answer controla, la más apropiada es la velocidad de lectura medida en tiempo por palabra (segundos/ palabra). Una velocidad excesivamente alta

(tiempo/palabra pequeño) puede suponer un vistazo rápido y posterior desestimación del segmento desenmascarado. Se trata entonces de establecer un valor de corte que discrimine con razonable bajo nivel de error esta situación de la lectura real.

Durante la primera lectura del texto, los sujetos suelen mostrar una velocidad más lenta que en las consultas posteriores, de modo que los rangos de velocidad de ambas fases pocas veces son comparables. Esto obliga a separar ambos procesos. Durante las consultas al texto para tratar de responder las cuestiones de comprensión, el programa registra los tiempos/palabra de cada consulta. Para discriminar entre segmentos realmente consultados y segmentos desestimados, se decidió por el criterio más simple: para cada sujeto se calcula la media de todas sus consultas y se obtiene el tiempo/palabra. Entonces, toda consulta cuyo tiempo/palabra es menor que la media se considera una consulta excesivamente rápida en la que no se procesa toda la información y se desecha el segmento. Toda consulta cuyo tiempo/palabra es mayor que la media del sujeto se considera una consulta verdadera en la que la información del segmento se procesa. Este criterio funciona bien porque el comportamiento de los sujetos es lógico y cada uno de ellos presenta un conjunto de tiempos que se distribuyen en dos grupos bien separados que pueden interpretarse como segmentos no leídos y leídos. La gran separación en los rangos de tiempos en dos grupos hace que unos queden claramente por debajo de la media y los otros por encima. En los pocos casos (4 consultas) que hubo dudas se acudió a los tiempos/palabra mostrados durante la primera lectura. El tiempo/palabra mínimo presentado por el sujeto, durante la primera lectura de los segmentos, menos una desviación típica, es el valor de corte asumido en estos casos.

2.5. Variables del proceso de consulta analizadas

En este experimento, las variables dependientes empleadas pueden agruparse en tres grandes grupos: En primer lugar, lo que llamaremos *medidas de control*, en las que incluimos el conocimiento básico que sobre el tema de evolución poseen los sujetos y que podría distorsionar los resultados de posteriores análisis, por lo que se clasificaran los sujetos según este conocimiento en dos niveles: alto y bajo.

Además de la variable dependiente, que mide el rendimiento final de los alumnos en función de la corrección o incorrección de las respuestas dadas a las 4 preguntas de comprensión, en este segundo experimento tenemos un conjunto de variables asociadas al proceso, obtenidas de manera directa (on line) del programa *Read&Answer* y que se refieren a: la lectura inicial del texto, la búsqueda de información para responder y a la elaboración de las respuestas a las preguntas.

Las variables on-line han sido clasificadas en dos categorías: variables relativas a la fase inicial de lectura y variables asociadas al proceso en la prueba de aprendizaje.

1. Fase de lectura inicial: En esta parte nos centramos en estudiar de forma global y por sujeto, el tiempo (medido siempre en segundos) total que dedican a la lectura del texto, y el tiempo por palabra, de forma que tenemos un promedio de lectura de cada sujeto que nos permite diferenciar entre lectura detenida o rápida y sujetos lentos o rápidos.
2. Fase de consulta y respuesta a las preguntas de comprensión: Para cada sujeto estudiamos:

- Tiempo leyendo la pregunta: tiempo total y por palabra que el sujeto dedica a la lectura de cada pregunta, en total y por cada vez que la visita.
- Numero de visitas a la pregunta: número de veces que activa el texto de la pregunta para leerla.
- Tiempo total dedicado a las consultas en cada pregunta.
- Tiempo de consulta pertinente: Tiempo que dedican a la consulta de segmentos pertinentes durante la respuesta a cada pregunta.
- Porcentaje de tiempo dedicado a segmentos pertinentes (y no pertinentes).
- Numero de consultas totales a todos los segmentos, pertinentes o no, en cada pregunta.
- Número de consultas a segmentos pertinentes en cada pregunta.
- Porcentaje de consultas pertinentes (y no pertinentes) sobre el total de consultas.
- Tiempo que transcurre hasta que consulta el Primer Segmento Pertinente: el sujeto puede buscar erráticamente en el texto o ir directamente a desenmascarar un segmento pertinente. Esta variable de proceso nos da una idea de la memorización que el sujeto hace de la ubicación de la información en el texto

Con estas variables esperamos encontrar diferencias que permitan discriminar entre preguntas fáciles y difíciles, así como diferencias entre

sujetos de alto y bajo rendimiento, que puedan perfilar determinados patrones de comportamiento que expliquen esas diferencias.

Normalmente se considera una cuestión difícil, a partir de variables de resultado: cuando el nivel de éxito y la calificación obtenida es baja. Pero también podemos considerar que una cuestión es difícil para un sujeto cuando éste no pueda dar rápidamente la respuesta correcta y en las consultas para obtener información necesite largo tiempo para discriminar qué información es pertinente para construir la respuesta. Ello debería motivar mayor tiempo total de consulta, mayor tiempo de consulta no pertinente, menor porcentaje de tiempo pertinente sobre el total, mayor número de consultas totales, mayor número de consultas no pertinentes y menor porcentaje de consultas pertinentes que las cuestiones fáciles, para las que la información pertinente debe ser rápidamente reconocida y discriminada. Todo ello además de presentar un nivel de éxito mucho menor que para las preguntas fáciles.

En relación con nuestra hipótesis, esperamos también que los sujetos con éxito muestren patrones de comportamiento caracterizados por: lectura atenta de la información, capacidad de discriminar información pertinente de la no pertinente, consulta de toda la información pertinente necesaria, consultas redundantes para asegurar la calidad de la respuesta, memorización suficiente de la ubicación de la información en el texto presentado. Esto debería motivar diferencias entre los sujetos de alto rendimiento y los de bajo rendimiento en algunas de las variables de proceso: mayor tiempo/palabra de la primera lectura del texto; mayor tiempo de lectura de la pregunta, mayor número de visitas a la pregunta, menor tiempo hasta la primera consulta pertinente, menor tiempo total de consultas, mayor porcentaje de tiempo de consultas pertinentes sobre el total, menor número de consultas totales, mayor porcentaje de consultas pertinentes sobre el total de consultas.

3. Resultados y conclusiones

Una vez finalizada las actividades correspondientes al **Experimento II**, vamos a considerar en este punto los resultados y conclusiones obtenidas del mismo. Los resultados los dividiremos en dos partes: En primer lugar, la fase inicial de lectura y en segundo lugar los resultados en la prueba final de conocimientos.

3.1. Fase inicial de lectura

En esta fase inicial exponemos los resultados del procesamiento de los textos. Las medidas tomadas por el instrumento Read & Answer se refieren a la secuencia de lectura (segmentos activados en cada momento), correspondientes a: tiempos totales de lectura de cada segmento y tiempos por palabra de cada segmento. Los tiempos se miden siempre en segundos. A partir de estos datos calculamos: Promedios de tiempo de lectura para el grupo de sujetos; Promedios de lectura para cada segmento y versión de texto (original y manipulado); Desviación típica de la distribución de tiempos de lectura en el grupo; Desviación típica de la distribución de tiempos de lectura entre los segmentos leídos por cada sujeto.

3.1.1.- Promedios de lectura para el total de sujetos

Existen al menos dos modos de calcular cuál es la velocidad promedio de lectura de este grupo de sujetos: considerar el total de tiempo de lectura para todo el texto y dividir por el número total de palabras; o bien, considerar los tiempos por palabra de cada uno de los segmentos y calcular la media aritmética de los mismos. En este segundo caso existe la posibilidad de que

aparezca una gran dispersión entre segmentos y resulten diferencias en sus ponderaciones relativas (ya que tienen diferente longitud). Sin embargo, esto no ha sucedido. En la tabla siguiente mostramos los promedios del grupo de sujetos calculados de ambas maneras y diferenciando las versiones textuales. En la primera columna tenemos el promedio por segmento leído y en la segunda el promedio total por sujeto. (Ver Tabla 4)

	<i>PROMEDIO GENERAL POR SEGMENTOS</i>	<i>PROMEDIO GENERAL POR SUJETO</i>
AMBOS TEXTOS	0,44±0,10	0,44±0,10
TEXTO ORIGINAL	0,45±0,09	0,44±0,10
TEXTO MANIPULADO	0,43±0,07	0,43±0,10

Tabla 4. Promedios de lectura en segundos por palabra \pm Desviación Standard de todo el grupo en la fase inicial de lectura.

Como puede verse no existen diferencias al calcular los promedios de un modo u otro, por lo que en adelante usaremos siempre los datos del promedio por segmentos, que proporciona el dato adicional de la desviación Standard para cada sujeto. Tampoco existen diferencias en el tiempo/palabra general entre ambas versiones textuales, informando de que las manipulaciones realizadas (información añadida) no introducen dificultades, ni tampoco facilitan la fluidez de la lectura.

Estos datos permiten comparar entre sí los sujetos según su velocidad en esta primera lectura del texto, bien entendido que no se trata de considerar la capacidad lectora, ni siquiera las posibilidades de leer rápido de los sujetos, sino del hecho concreto de haber realizado la lectura comprensiva del texto más o menos rápido respecto de los demás sujetos del grupo. Un criterio

consiste en tomar la media del grupo más y menos una Desviación Standard, para cada versión de texto, de modo que los sujetos fuera de este rango leen rápido o lento.

La Tabla 5, muestra el resultado para todos los sujetos del grupo con expresión de su propia velocidad promedio y su DS obtenida en la distribución de tiempos por segmento. La distribución de sujetos de lectura rápida, normal o lenta, en ambas versiones textuales, es homogénea ($X^2 < 0,3$) de modo que los grupos están equilibrados.

Sin embargo, el nivel de Conocimiento Previo (alto/bajo), sí interacciona con la velocidad lectora, de modo que los sujetos de alto Conocimiento Previo leen en promedio más rápido ($0,41 \pm 0,06$ segundos/palabra) que los de bajo ($0,48 \pm 0,12$ segundos/palabra). La prueba t-student informa de que existen diferencias significativas en estos promedios ($t = 2,786$; g.l.= 38; $p = 0,010$). De hecho no hay sujetos de lectura lenta entre los de conocimiento previo alto, mientras que en el grupo de bajo conocimiento previo hay 6 de los 20 sujetos. Estos datos informan de que hay una asociación entre comprender mejor y leer algo más rápido, lo cual es un resultado trivial que podía esperarse.

Experimento II.

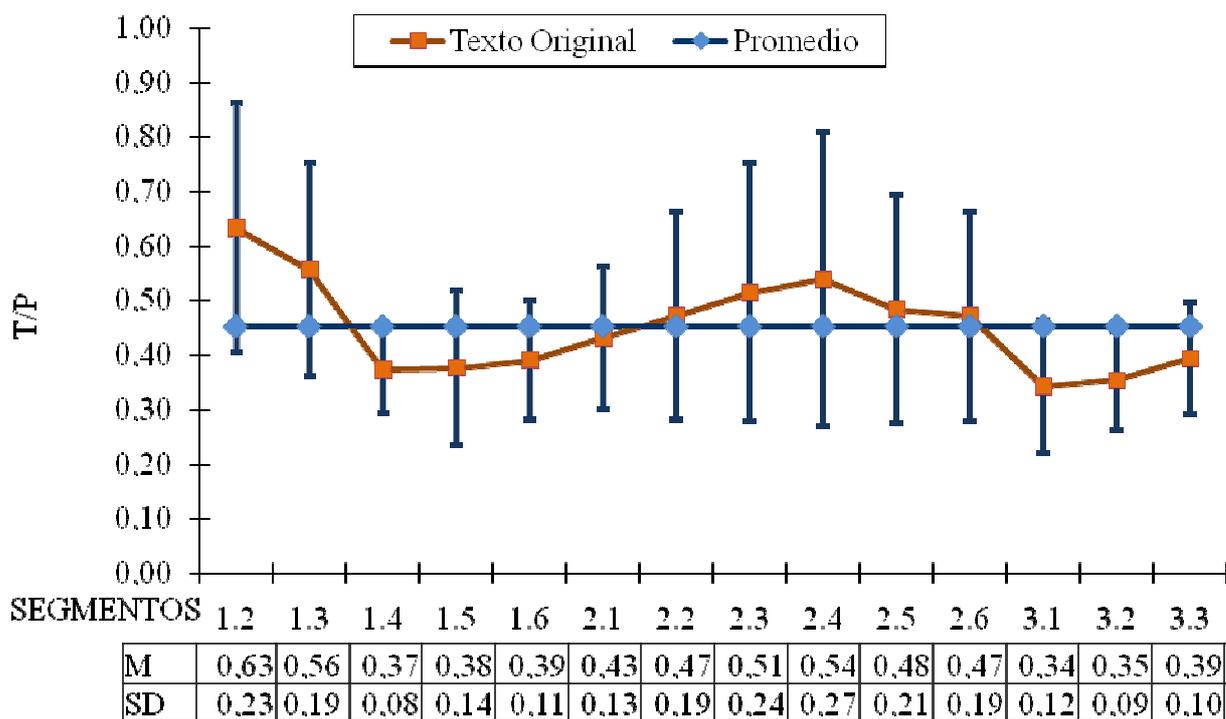
<i>SUJ</i>	<i>T/P PROMEDIO</i>	<i>DS EN LA T/P</i>	<i>VELOCIDAD LECTORA RESPECTO A LA MEDIA GENERAL</i>
1	0,70	0,22	Lento
2	0,41	0,09	Normal
3	0,49	0,19	Normal
4	0,56	0,22	Lento
5	0,40	0,09	Normal
6	0,33	0,09	Rápido
7	0,47	0,08	Normal
8	0,35	0,07	Normal
9	0,35	0,09	Normal
10	0,47	0,14	Normal
11	0,42	0,15	Normal
12	0,40	0,06	Normal
13	0,29	0,07	Rápido
14	0,34	0,09	Normal
15	0,42	0,13	Normal
16	0,51	0,13	Normal
17	0,48	0,37	Normal
18	0,34	0,03	Normal
19	0,55	0,09	Lento
20	0,39	0,15	Normal
21	0,43	0,19	Normal
22	0,51	0,11	Normal
23	0,39	0,17	Normal
24	0,43	0,14	Normal
25	0,37	0,12	Normal
26	0,42	0,12	Normal
27	0,46	0,18	Normal
28	0,78	0,29	Lento
29	0,40	0,09	Normal
30	0,38	0,09	Normal
31	0,35	0,13	Normal
32	0,50	0,27	Normal
33	0,36	0,14	Normal
34	0,46	0,20	Normal
35	0,58	0,23	Lento
36	0,34	0,08	Rápido
37	0,43	0,12	Normal
38	0,58	0,09	Lento
39	0,41	0,14	Normal
40	0,47	0,20	Normal

Tabla 5. Velocidad lectora medida en segundos por palabra para el total de sujetos.

3.1.2.- Análisis de los promedios de lectura por segmentos en cada versión textual

A) Texto original.

Los tiempos/palabra de cada segmento, en comparación con la media, nos dan una idea de la dificultad que presenta para ser procesado. Si observamos la siguiente gráfica, podemos comprobar cómo la línea que marca el promedio de lectura para todos los sujetos que leen el **texto original** ($M=0,45\pm0,09$ segundos por palabra) se encuentra por debajo de los segmentos 1.2, 1.3, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 (segmentos más difíciles) y se encuentra por encima en los segmentos 1.4, 1.5, 1.6, 2.1, 3.1, 3.2 y 3.3 (segmentos más fáciles de procesar). (El segmento 1.1 corresponde con el título y no es considerado en los análisis)



Grafica 1. Promedios de lectura por segmento para el texto original junto a la media general de lectura.

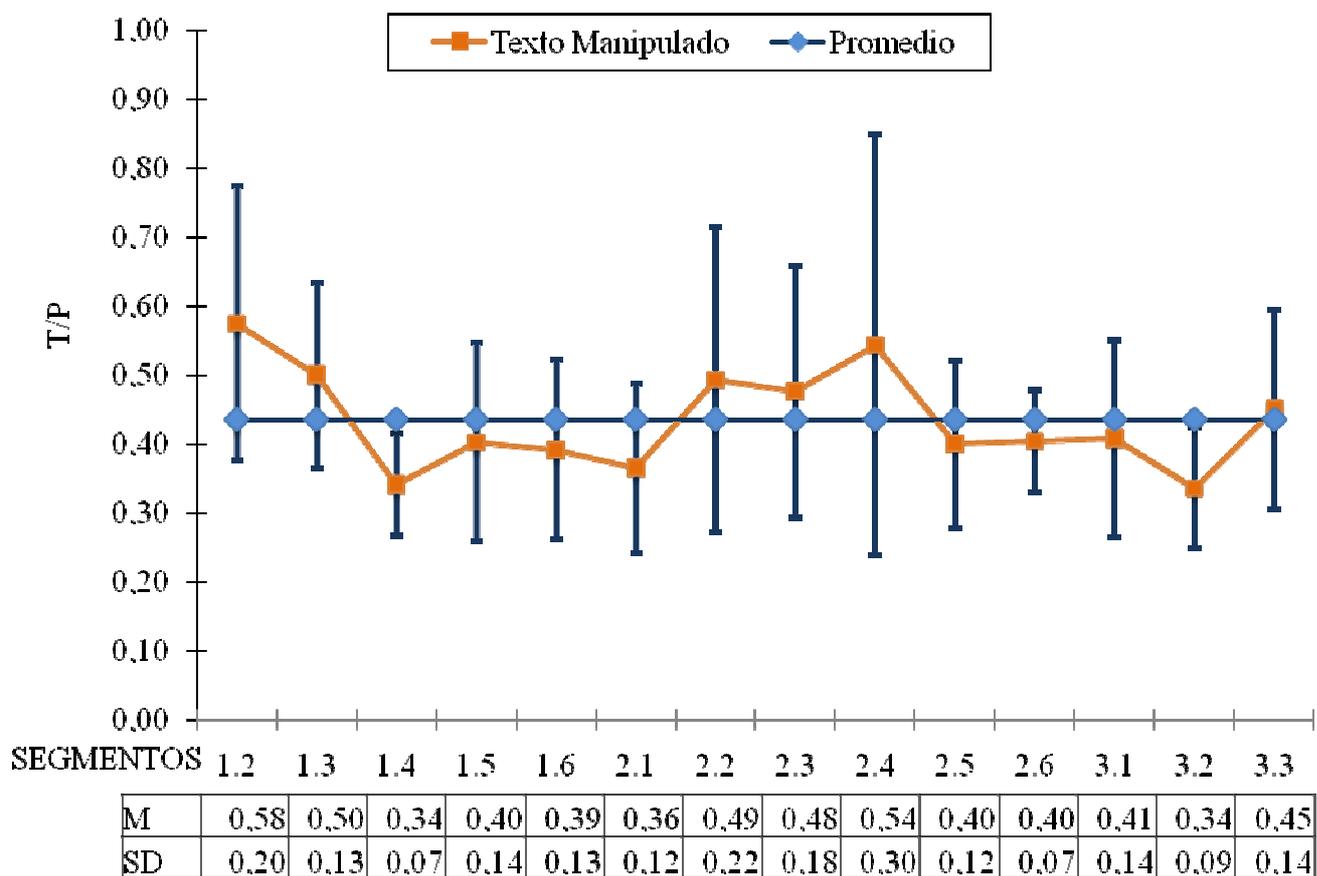
Es sabido, que las primeras ideas de un texto se leen con más atención, independientemente de su contenido (Ferguson-Hessler y De Jong, 1990) de modo que los tiempos/palabra de los segmentos 1.2 y 1.3 pueden ser grandes por esta razón. Sin embargo, los tiempos vuelven a crecer en los segmentos 2.2 a 2.6 que se corresponden con la exposición de la teoría de Darwin, núcleo de los textos y que representa una dificultad en la comprensión por dos razones al menos: a) Su propia complejidad, que exige de inferencias para ser comprendida; b) La frecuente presencia de ideas erróneas de carácter lamarckista en los sujetos, que son opuestas a las darvinistas (Blackwell, Powell y Dukes, 2003). Esta última idea está apoyada por los tiempos/palabra en los segmentos 1.4 a 1.6 que exponen precisamente la teoría de Lamarck, intuitiva y muy extendida entre la población general (Ayuso y Banet, 2003). Se trata de tiempos bajos que indican un procesamiento fácil, compatible con el hecho de activar un conocimiento preexistente en los sujetos.

Por último, en los segmentos finales, 3.1 a 3.3, en los que se da una aplicación de las ideas darvinistas, expuestas en los segmentos mencionados 2.2 a 2.6, a través de un ejemplo concreto, tenemos que los sujetos vuelven a leer por debajo de su promedio de lectura, a diferencia de lo que ocurre con los segmentos de la página dos. Los tiempos por palabra pequeños indican, bien facilidad en el procesamiento de este ejemplo, bien procesamiento superficial. Ambas opciones podrán ser discriminadas gracias a cuestiones directamente dirigidas a estos fragmentos de información.

B) Texto Manipulado.

En el texto manipulado se reproducen los resultados obtenidos en el texto original, con algunos matices. Las diferencias entre ambas versiones textuales en el patrón de lectura de segmentos (por encima o debajo de la media en esta

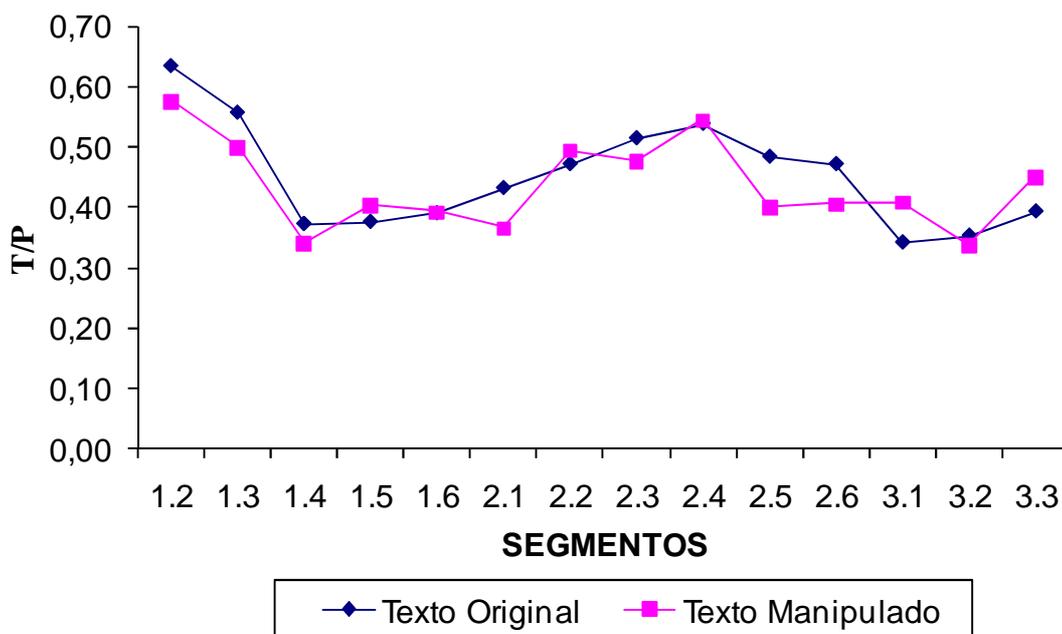
versión textual) se concentran en los segmentos 2.5, 2.6 y 3.3. En los dos primeros casos, aunque las diferencias son pequeñas, es posible que la información añadida en el segmento 2.5 haya facilitado la comprensión de los mecanismos genéticos de variabilidad expuestos en este mismo segmento y en el 2.6. En el caso del segmento final, 3.3 la manipulación consiste en una frase que obliga al lector a recordar información anterior. Ello puede explicar la demora extra en el procesamiento, si el sujeto se ve obligado a detenerse y recordar la información aludida. En todo caso, como se dijo antes, el segmento 3.3 forma un conjunto con los segmentos 3.1 y 3.2 cuya comprensión está contrastada a través de las cuestiones de comprensión.



Grafica 2. Promedio de lectura por segmento del Texto Manipulado para el total de sujetos.

3.1.3.- Comparación de ambos textos

Si nos fijamos ahora en los promedios de lectura por segmento, realizados por los cuarenta sujetos para ambas versiones textuales obtenemos el siguiente grafico:



Grafica 3. Promedios de lectura por segmentos de los 40 sujetos para ambas versiones textuales

A la vista del grafico anterior, observamos que el tiempo empleado en la lectura del texto manipulado es claramente inferior al empleado en la lectura del texto original en los segmentos 2.1, 2.5 y 2.6, mientras es superior en los segmentos 3.1 y 3.3. Si se revisan ambas versiones textuales se advierte que los segmentos 2.1 y 2.4 de la versión mejorada contienen inferencias puente y elaborativas que deben facilitar la comprensión de los mecanismos genéticos de variabilidad y del cambio. Por el contrario, los segmentos 3.1 y 3.3 en la versión manipulada, contienen frases que activan recuerdo, para promover la conexión entre la información nueva y la anterior.

Nos planteamos analizar, con mayor rigor, las diferencias que pudieran existir entre las versiones textuales y entre diferentes segmentos, provocadas por las manipulaciones introducidas en el texto manipulado o por el conocimiento previo. Para ello, realizamos análisis estadísticos de diversa naturaleza.

La distribución de los sujetos que leen rápido o que leen lento, ambas versiones textuales, se muestran en la siguiente tabla de contingencia.

	<i>VERSIÓN DE TEXTO</i>		<i>TOTAL</i>
	<i>LEÍDA</i>		
Velocidad. media de sujetos	original	manipulado	
Sujetos por debajo de la media	8	8	16
Sujetos por encima de la media	12	12	24
Total	20	20	40

Tabla 6. Tabla de contingencia de comparación con velocidad media de los sujetos frente a la versión de texto leída (original o manipulado)

No es necesario el estadístico chi-cuadrado para ver que los sujetos se distribuyen por igual en ambas versiones textuales, es decir: existe el mismo número de sujetos que leen rápida o lentamente en la prueba con el texto original que con el texto manipulado.

Si se analiza la velocidad promedio con la prueba t de Student de grupos independientes, tampoco hay diferencias significativas entre las versiones del texto para la velocidad lectora ($t = 0,545$; g.l.= 38; $p=0,589$) lo cual implica que, las manipulaciones introducidas en el texto manipulado, respecto del original no han causado ninguna diferencia en la velocidad lectora promedio de los sujetos y, por tanto, dichos cambios no han supuesto dificultad añadida ni tampoco han facilitado el procesamiento de las ideas, teniendo en cuenta

que el proceso está gobernado por el propio sujeto a través de sus capacidades metacognitivas (control de sus comprensión).

El hecho de que no existan diferencias significativas en el promedio global de lectura del texto no implica que no existan diferencias en algunos segmentos concretos. Por ello comparamos los tiempos por palabra en tres tipos de segmentos: a) Segmentos del texto original; b) Segmentos del texto manipulado sin información añadida; c) Segmentos del texto manipulado con información añadida.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

<i>TIPO DE SEGMENTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>N</i>
Texto Original	0,452±0,087	14
Texto Manipulado sin información añadida	0,407±0,066	6
Texto Manipulado con información añadida	0,455±0,076	8
Total	0,443±0,079	28

Tabla 7. Promedios de lectura (segundos por palabra) en los 3 tipos de segmentos considerados

En esta ocasión se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) univariante y tampoco encontramos diferencias significativas entre estos 3 tipos de segmentos:

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados tipo III</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Significación</i>
Modelo corregido	0,010(a)	2	0,005	0,789	0,465
Intersección	4,758	1	4,758	739,220	0,000
Tipo Segmento	0,010	2	0,005	0,789	0,465
Error	0,161	25	0,006		
Total	5,674	28			
Total corregida	0,171	27			

Tabla 8. Resultados ANOVA (R cuadrado = ,059 R cuadrado corregida = -,016)

Si consideramos únicamente el texto manipulado, tampoco encontramos diferencias significativas en la velocidad de lectura para segmentos con información añadida o sin ella. (Prueba t-Student para muestras independientes: $t = -1,244$; g.l.= 12; $p = 0,237$).

En cuanto al análisis de la velocidad lectora, en función del conocimiento previo y el tipo de texto, referido al apartado b, se observa que dicha velocidad es significativamente más rápida ($F=7,4$ Sig= 0,10) en los sujetos con alto conocimiento previo ($M=0,397\pm,0572$ segundos por palabra) que en los sujetos de bajo conocimiento previo ($M=0,478\pm 0,116$ segundos por palabra) Por el contrario, la diferencia no es significativa en función del texto leído. Es decir: los sujetos que poseen un conocimiento previo alto no se ven influenciados por las manipulaciones textuales.

Si colocamos como variable dependiente la puntuación en la prueba final de conocimientos y estudiamos su relación con: el texto leído, el nivel de conocimiento previo y la velocidad lectora, encontramos que el texto y el conocimiento previo se relacionan significativamente con la puntuación en el test final, pero no así la velocidad lectora. Es decir: la velocidad de lectura de los diferentes segmentos del texto no influye en las puntuaciones finales del texto. Esto se muestra en la tabla siguiente.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados tipo III</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Significa.</i>
Modelo corregido	10,104(a)	8	1,263	1,857	0,104
Intersección	109,065	1	109,065	160,319	0,000
NIVEL CP	4,171	1	4,171	6,131	0,019
TEXTO	3,084	1	3,084	4,533	0,041
COMPARANDO	0,767	2	0,383	0,564	0,575
NIVEL Cocimiento Previo * TEXTO	1,836	1	1,836	2,699	0,111
NIIVEL Conocimiento Previo * COMPARANDO	3,320	1	3,320	4,880	0,035
TEXTO * COMPARANDO	0,572	2	0,286	0,420	0,660
NIVEL Conocimiento Previo * TEXTO * COMPARANDO	0,000	0	.	.	.
Error	21,089	31	0,680		
Total	288,750	40			
Total corregida	31,194	39			

Tabla 9. Resultados del análisis entre sujetos utilizando como variable dependiente la puntuación en la prueba final de aprendizaje e independiente el texto leído. (R cuadrado = ,324 (R cuadrado corregida = ,149)

3.2. Fase de búsqueda de información y respuesta a las cuestiones de comprensión

En nuestra prueba final de comprensión, existen dos tipos de preguntas: las que llamamos de tipo **inferencial**, correspondientes a las preguntas uno y tres de la prueba y las preguntas de tipo **literal**, preguntas dos y cuatro respectivamente. (Ver apartado 2.3.3).

3.2.1.- Influencia del nivel de Conocimiento Previo y de las manipulaciones textuales sobre el éxito en la resolución de cuestiones de comprensión

En el Experimento I, ya probamos que ambos factores producían diferencias significativas en el rendimiento de los sujetos. Es por tanto, pertinente, ver si estos resultados se replican o no en este segundo experimento. Los resultados para las 4 condiciones son:

<i>TXT/ CP</i>	<i>TEXTO ORIGINAL</i>	<i>TEXTO MANIPULADO</i>	<i>AMBOS TEXTOS</i>
Bajo	1,70 ± 1,01	2,80 ± 0,67	2,25 ± 1,01
Alto	2,70 ± 0,68	2,90 ± 0,91	2,80 ± 0,78
Total	2,20 ± 0,98	2,85 ± 0,78	2,53 ± 0,93

Tabla 10. Resultados para la puntuación total en la prueba de comprensión. (Puntuación total máxima=4)

Realizamos un ANOVA univariante tomando como variable dependiente la calificación obtenida en la prueba de comprensión (máximo 4 puntos) y como factores el nivel de CP (alto/bajo) y la versión textual (original/manipulado).

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS TIPO III</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG.</i>
Modelo corregido	9,275(a)	3	3,092	4,506	0,009
Intersección	255,025	1	255,025	371,696	0,000
CP	3,025	1	3,025	4,409	0,043
Texto	4,225	1	4,225	6,158	0,018
CP * Texto	2,025	1	2,025	2,951	0,094
Error	24,700	36	0,686		
Total	289,000	40			
Total corregida	33,975	39			

Tabla 11. Resultados ANOVA. Variable dependiente la Puntuación total (máx. 4) R cuadrado = ,273 (R cuadrado corregida = ,212)

Aunque la mejora producida por las manipulaciones textuales es mucho más grande para los sujetos de CP bajo, la interacción entre ambos factores no llega a ser significativa, si bien la significación queda en el borde. El resultado supone, en efecto, una réplica del obtenido en el Experimento I: tanto el nivel de conocimiento previo, como la versión textual leída, producen diferencias significativas en el resultado global de la prueba de comprensión formada por 4 cuestiones.

Profundizando en el estudio, podemos analizar el efecto producido sobre las cuestiones literales y sobre las inferenciales, separadamente. Tomando como variable dependiente la puntuación obtenida sólo en las dos preguntas literales obtenemos:

<i>CP</i>	<i>TEXTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DS</i>	<i>N</i>
Bajo	texto original	0,95	0,72	10
	texto manipulado	1,75	0,35	10
	Total	1,35	0,69	20
Alto	texto original	1,60	0,51	10
	texto manipulado	1,6	0,46	10
	Total	1,6	0,47	20
Total	texto original	1,27	0,69	20
	texto manipulado	1,67	0,41	20
	Total	1,47	0,60	40

Tabla 12. Descripción del promedio de acierto en preguntas literales para sujetos de alto y bajo conocimiento previo y el texto leído. La puntuación máxima es dos.

El análisis de varianza muestra que el factor, conocimiento previo, no es significativo, pero que el factor Texto, sí lo es, debido a la gran mejora que produce en el grupo de conocimiento previo bajo (interacción significativa):

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS TIPO III</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG.</i>
Modelo corregido	3,825(*)	3	1,275	4,522	0,009
Intersección	87,025	1	87,025	308,660	0,000
CP	,625	1	,625	2,217	0,145
Texto	1,600	1	1,600	5,675	0,023
CP * Texto	1,600	1	1,600	5,675	0,023
Error	10,150	36	,282		
Total	101,000	40			
Total corregida	13,975	39			

Tabla 13. Resultados del papel del conocimiento previo y el texto (*) R cuadrado = 274 R cuadrado corregida = ,213)

Si tomamos ahora como variable dependiente la puntuación obtenida en las dos cuestiones inferenciales, obtenemos las siguientes medias, menores claramente a las obtenidas en las cuestiones literales:

<i>CONOCIMIENTO PREVIO</i>	<i>TEXTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DS.</i>	<i>N</i>
Bajo	texto original	0,75	0,42	10
	texto manipulado	1,05	0,49	10
	Total	0,9	0,47	20
Alto	texto control	1,1	0,32	10
	texto manipulado	1,3	0,59	10
	Total	1,2	0,47	20
Total	texto control	0,92	0,41	20
	texto manipulado	1,17	0,54	20
	Total	1,05	0,49	40

Tabla 14. En esta tabla se muestran los estadísticos descriptivos para las preguntas de tipo inferencial. Recordemos que en este caso la puntuación máxima para las preguntas es dos.

Y en esta ocasión, el análisis de varianza arroja resultados inversos respecto a las preguntas literales:

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS TIPO III</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG.</i>
Modelo corregido	1,55(a)	3	0,51	2,369	0,08
Intersección	44,10	1	44,10	202,24	0,00
CP	0,90	1	0,90	4,12	0,05
Texto	0,62	1	0,62	2,86	0,09
CP * Texto	0,02	1	0,02	,115	0,73
Error	7,85	36	0,21		
Total	53,50	40			
Total corregida	9,40	39			

Tabla 15. Influencia en la puntuación final en las preguntas inferenciales del conocimiento previo y el tipo de texto (original o manipulado) a $R^2 = ,165$ (R^2 corregida = ,095)

Si bien ambos factores producen mejoras en los resultados, el factor nivel de conocimiento previo, presenta una significación justo en el límite y el factor Texto queda fuera, aunque con una significación en el borde. En esta ocasión no hay interacción entre ambos factores. (Ver tabla anterior)

Ambos análisis parecen probar que, a la hora de contestar cuestiones cuyas respuestas aparecen de modo literal en el texto, las manipulaciones textuales realizadas ayudan, significativamente, a los sujetos; a pesar de que tales manipulaciones no tienen como finalidad aumentar la coherencia local del texto. Se trata de una variable que se ha probado vinculada al recuerdo de las ideas de los textos expositivos. (Britton et al., 1998; McNamara, et al 1996). El conocimiento previo, no es significativo, quizás porque se trata simplemente de identificar la información pertinente y asociarla con la pregunta formulada, lo cual no supone una demanda grande de conocimientos previos.

Sin embargo, en el caso de las preguntas inferenciales, el conocimiento previo, sí es relevante, ya que las respuestas exigen elaboración de nueva información por parte del sujeto. Esta elaboración se ve favorecida por la red de conocimientos y relaciones preexistentes en su memoria y activadas por las preguntas y por el texto. Las manipulaciones textuales, cuyo fin era el de ayudar a la realización de inferencias para unir ideas separadas en el texto original, no tienen una influencia grande, aunque probablemente un aumento de la potencia estadística podría mejorar la significación. Es decir: una o ambas preguntas inferenciales no han resultado facilitadas por la información añadida en la versión manipulada.

3.2.2.- Influencia de algunas variables del proceso de consulta de información sobre el éxito en la resolución de cuestiones de comprensión

El proceso de consulta de información, para responder las cuestiones de comprensión formuladas, podría dar luz sobre las diferencias en el procesamiento de información que conducen a ciertos sujetos a un nivel alto y a otros a un nivel bajo de rendimiento en pruebas de resolución de cuestiones. Este tipo de pruebas son habituales para medir comprensión y aprendizaje en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Como se expuso en el apartado de metodología, pensamos que las variables que podrían, por hipótesis, proporcionar información valiosa son las siguientes:

- a) Número de respuestas inmediatamente después de consultar un segmento pertinente.
- b) Tiempo total de consulta.
- c) Tiempo de consulta a segmentos pertinentes
- d) Porcentaje de tiempo dedicado a consultas pertinentes.
- e) Número total de visitas para consultar.
- f) Número de visitas a segmentos pertinentes
- g) Porcentaje de visitas dedicado a segmentos pertinentes.
- h) Tiempo de lectura de la pregunta.
- i) Número de visitas a la pregunta.
- j) Tiempo de consulta transcurrido antes de visitar un segmento pertinente.

Se trata de estudiar cuáles de ellas están asociadas al éxito a la hora de construir buenas respuestas. En este sentido, nos centramos en las siguientes:

Consultas a segmentos pertinentes inmediatamente antes de responder.

Una de las acciones esperadas en los sujetos que responden correctamente es la identificación de información pertinente y, una vez identificada y procesada, su utilización inmediata para construir la respuesta a la pregunta. Es decir, esperamos encontrar secuencias Tp-R (donde Tp indica “consulta en el texto de un segmento pertinente” y R indica “respuesta” parcial o completa). Como hay 4 respuestas posibles, cuya corrección se valora, esta variable de proceso oscila entre 0 y 4. La Tabla siguiente muestra las medias de los grupos según el número de estas consultas.

<i>CANTIDAD DE CONSULTAS PERTINENTES ANTES DE RESPONDER (MAX 4)</i>	<i>N</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DS</i>
0	9	2,28	1,37
1	13	2,62	,77
2	13	2,42	,70
3	3	2,50	1,00
4	2	3,75	,35
Total	40	2,53	,93

Tabla 16. Medias en la prueba de resolución de cuestiones en función del número de consultas Pertinente realizadas inmediatamente antes de responder.

Pese a observarse cierta asociación entre la puntuación y esta variable, las diferencias no son significativas. Sin embargo, si se contempla como covariable junto a los factores independientes del diseño conocimiento previo y versión del texto leída, el efecto del número de consultas pertinentes antes de responder es significativo.

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS TIPO III</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG.</i>
Modelo corregido	11,925(a)	4	2,981	4,732	0,004
Intersección	65,395	1	65,395	103,803	0,000
Consulta Segmentos Pertinentes Totales	2,650	1	2,650	4,207	0,048
CP	4,528	1	4,528	7,188	0,011
Texto	4,225	1	4,225	6,706	0,014
CP * Texto	1,581	1	1,581	2,509	0,122
Error	22,050	35	0,630		
Total	289,000	40			
Total corregida	33,975	39			

Tabla 17. Prueba de los efectos entre sujetos. La variable dependiente es la puntuación total en la prueba de aprendizaje y como covariable queda el conocimiento previo y el texto (original o manipulado) (Se toma $R^2 = ,351$ R^2 corregida = ,277)

De esta forma, cuando se toman en cuenta el conocimiento previo y la versión de texto leída, aquellos sujetos que tienen un mayor número de consultas antes de responder, poseen un promedio de acierto mayor.

Sería interesante, en esta línea, indagar si la situación anterior se mantiene a la hora de diferenciar entre preguntas inferenciales y literales. Los ANOVA informan de que el resultado es el mismo cuando se analizan las preguntas inferenciales sólo, pero no cuando se analizan solamente las literales:

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS TIPO III</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG.</i>
Modelo corregido	2,739(a)	4	,685	3,597	0,015
Intersección	16,828	1	16,828	88,418	0,000
Núm. de preg con consultas pertinentes antes de responder Inferenciales	1,189	1	1,189	6,245	0,017
CP	1,561	1	1,561	8,203	0,007
Texto	,926	1	,926	4,866	0,034
CP * Texto	,004	1	,004	,022	0,882
Error	6,661	35	,190		
Total	53,500	40			
Total corregida	9,400	39			

Tabla 18. Resultados ANOVA. Variable dependiente: Puntuacion en Inferenciales (maximo 2) R cuadrado = ,291 (R cuadrado corregida = ,210))

<i>FUENTE</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS TIPO III</i>	<i>gl</i>	<i>MEDIA CUADRÁTICA</i>	<i>F</i>	<i>SIG</i>
Modelo corregido	4,079(a)	4	1,020	3,607	0,015
Intersección	29,205	1	29,205	103,291	0,000
Consulta Pertinentes en Literales	,254	1	,254	,898	0,350
CP	,733	1	,733	2,591	0,116
Texto	1,386	1	1,386	4,902	0,033
CP * Texto	1,499	1	1,499	5,300	0,027
Error	9,896	35	,283		
Total	101,000	40			
Total corregida	13,975	39			

Tabla 19. Resultados del análisis entre sujetos utilizando como variable dependiente el promedio de acierto y como covariables el conocimiento previo y el texto (R cuadrado = ,292 R cuadrado corregida = ,211)

Al parecer, cuando los sujetos se enfrentan a preguntas de elevada demanda cognitiva (cuestiones inferenciales), el hecho de que la respuesta siga inmediatamente a la consulta de un segmento pertinente está asociado al éxito. Esto significaría que los sujetos identifican la pertinencia de la información, la asocian a la demanda de la pregunta y elaboran las inferencias necesarias para responder al procesar ese fragmento pertinente. Una vez construida la respuesta, la juzgan correcta y la escriben. Los sujetos que no siguen este proceso Tp-R porque consultan otros segmentos no pertinentes, justo antes de responder (Tp-Tno-Pregunta-R); o bien no identifican la pertinencia de la información, o no son capaces de elaborar las inferencias necesarias para obtener una respuesta satisfactoria y acuden en busca de más información en otros fragmentos que identifican como importantes, sin serlo. Ello apunta a que estos sujetos con menos éxito no asocian la demanda de la pregunta con la información textual, lo que se alude coloquialmente como “no entienden la pregunta”, pero fallan a la hora de controlar esa comprensión, puesto que creen entender y contestan erróneamente (no saben que no saben).

Tiempo que transcurre hasta que consulta el Primer Segmento Pertinente.

Los segmentos que consultan antes de encontrar el segmento pertinente, siempre antes de responder, nos informan del nivel de memorización que sobre la ubicación de las ideas (estructura) del texto posee un sujeto. La pregunta es: si la memorización de la ubicación de las ideas del texto en determinados lugares, recordemos que el texto está enmascarado (Ver apartado 2.3.1), implica un mejor rendimiento. En este caso, la hipótesis que podría subyacer es que la memorización de la ubicación de las ideas del texto está asociada con una lectura primera cuidadosa, con elaboración de un modelo de la situación más rico.

Para esta variable, sólo encontramos significación para el caso de las preguntas inferenciales: una correlación significativa negativa entre la puntuación en las preguntas inferenciales y el tiempo de consulta antes de encontrarlo (correlación de Pearson = -0,46; $p= 0,041$) Es decir: aquellos sujetos que tardan más tiempo en activar por primera vez un segmento pertinente para contestar (dedican más tiempo antes de identificar un segmento pertinente), obtienen un promedio de respuesta menor que los sujetos que dedican menos tiempo a la consulta, antes de activar un segmento pertinente. En el caso de las preguntas literales, el tiempo total de búsqueda es menor y el tiempo dedicado a la identificación de la información pertinente también, y no hay diferencias significativas.

Podemos decir que cuando existe cierta demanda cognitiva, la memorización de la ubicación de la información en el texto, que está asociada a un modelo mental bien elaborado, conduce a mejores resultados.

Tiempo Total de Consulta, Tiempo de consulta a segmentos Pertinentes y Fracción de tiempo de consulta dedicado a segmentos pertinentes: Es posible que los sujetos que dedican más tiempo total a la consulta (búsqueda, identificación y elaboración de respuesta) obtengan mejores resultados que los que dedican menor tiempo total. Más aún, deberíamos esperar que los sujetos de alto rendimiento empleen más tiempo, y/o mayor porcentaje de tiempo, que los de bajo rendimiento en el tiempo de consultas dedicado a los segmentos pertinentes para la respuesta. Sin embargo, las correlaciones de Pearson entre estas variables y el rendimiento en las preguntas (total, sólo inferenciales, sólo literales) son bajas y no son significativas en ningún caso. Tampoco lo son cuando se considera la fracción del tiempo total dedicado a las consultas pertinentes.

Es posible que una lectura primera del texto, realizada con mayor cuidado o aprovechamiento, cause después tiempos de consulta más contenidos en los sujetos de alto rendimiento, de modo que el éxito no se debe al tiempo durante las consultas, sino a la representación mental realizada del texto durante su lectura. Los sujetos de bajo rendimiento emplean el mismo tiempo de consulta que los del alto rendimiento, pero no consiguen dar respuestas de la misma calidad.

Número Total de Consultas, Número de consultas Pertinentes y Fracción de consultas dedicadas a segmentos pertinentes. También podemos esperar algún efecto de estas variables. Específicamente, los sujetos de alto rendimiento pueden requerir menor número de consultas totales y mayor porcentaje de consultas pertinentes que los de bajo rendimiento. De nuevo la predicción falla, porque ninguna correlación entre estas variables y los resultados (totales, en literales y en inferenciales) es significativa.

Consultas a las Preguntas. Las últimas variables en donde podrían aparecer diferencias son las que atañen a las visitas a la pregunta: su número y su tiempo. Muchos de los fracasos a la hora de contestar las preguntas proceden de una mala comprensión de la propia demanda. Los tiempos de lectura de la pregunta y el número de visitas podrían arrojar luz sobre ello. De nuevo se obtiene el mismo resultado negativo: ninguna de las correlaciones es significativa y únicamente cuando se consideran los factores conocimiento previo y Texto junto con las covariables, resulta que el Número total de visitas a las Preguntas Inferenciales tiene una significación en el borde con la variable dependiente, Puntuación total en Preguntas Inferenciales ($F= 3,126$; g.l.=1; $p= 0,086$). Este hecho deriva de que en este tipo de preguntas (preguntas 1 y 3)

los sujetos con bajo conocimiento previo, realizan un número significativamente más alto de visitas a la pregunta que los de alto conocimiento previo.

<i>CP</i>	<i>N</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DS</i>
Alto	20	3,00	0,97
Bajo	20	4,05	1,70
Total	40	3,53	1,47

Tabla 20. Numero de visitas para leer las preguntas inferenciales.

Ni los tiempos de lectura total de las preguntas, ni el número de visitas producen diferencias en el rendimiento de los sujetos.

El conjunto de resultados negativos en las variables de proceso estudiadas obliga a analizar con más detenimiento las preguntas. Éstas se han estudiado en dos grupos, literales e inferenciales, en la hipótesis de que ambos tipos de preguntas plantean exigencias cognitivas distintas y, por ello, dificultades diferentes. Pero es posible que estos grupos de preguntas oculten diferencias en su seno, y las dos preguntas del grupo no sean equivalentes.

3.2.3.- Análisis de las Preguntas de Comprensión

Como decimos, es posible que las diferencias entre preguntas literales e inferenciales, en la exigencia de determinadas habilidades cognitivas, no hayan resultado como esperábamos. Asimismo, es posible que ambas preguntas literales y/o ambas preguntas inferenciales presenten entre ellas diferencias que aconsejan un análisis separado que vamos a mostrar a continuación.

Diferencias entre Preguntas Literales e Inferenciales. Tanto el resultado obtenido en las puntuaciones, como las variables de proceso asociadas a la

búsqueda de información para construir las respuestas pueden indicar si, en efecto, hay diferencias entre ambos tipos de preguntas. En cuanto a los resultados, los promedios son los siguientes:

PREGUNTAS	PROMEDIO (MÁXIMO 2)
Literales	1,48 ± 0,60
Inferenciales	1,04 ± 0,49

Tabla 21. Puntuación en preguntas inferenciales y literales.

El estadístico t de Student para grupos pareados muestra diferencias significativas en la puntuación de cada grupo de cuestiones ($t = 4,696$; g.l.=39; $p < 0,001$), de modo que las literales resultan significativamente más fáciles que las inferenciales, cuando se atiende al éxito obtenido. Pero las diferencias en la dificultad de las preguntas podrían verse reflejadas, también, en variables asociadas con el proceso de consulta. La tabla siguiente muestra los valores de algunas de esas variables:

	<i>PREGUNTAS LITERALES</i>	<i>PREGUNTAS INFERENCIALES</i>	<i>SIGNIFICACIÓN T STUDENT GR. PAREADOS</i>
Núm. Consultas	6,93 ± 6,57	8,45 ± 8,42	0,069
Núm. Pertinentes	5,48 ± 5,00	3,25 ± 4,11	0,002
% Consulta Pertinentes	82,84 ± 17,20	35,06 ± 26,86	0,000
Tiempo Consulta	60,63 ± 55,52	83,83 ± 88,01	0,015
Tiempo pertinentes	49,57 ± 41,87	32,34 ± 40,99	0,013
% Tiempo Pertinentes	86,87 ± 13,74	35,01 ± 28,25	0,000

Tabla 22. Diferencias entre preguntas literales e inferenciales en algunas variables de proceso.

Como se ve., existen diferencias significativas en todas ellas, a excepción del número total de consultas cuya significación está en el borde. Además, todos los valores se ajustan a lo esperado: las preguntas inferenciales muestran mayor promedio de consultas pero menor porcentaje de consultas pertinentes, mayor tiempo de consulta, pero menor porcentaje de consultas pertinentes. Ello se explica por la mayor dificultad en reconocer la información pertinente y asociarla con una respuesta que, además, es necesario elaborar mediante inferencias.

Diferencias entre las 4 Preguntas. Aún queda por estudiar si ambas preguntas literales son equivalentes y ambas preguntas inferenciales también lo son, a la hora de presentar dificultades para su respuesta. En la tabla siguiente, se muestra un resumen de los resultados obtenidos. Podemos observar que las puntuaciones promedio obtenidas en las preguntas literales 2 y 4, y el obtenido en la pregunta inferencial 1, son muy similares y altas, de modo que resultan ser, a juzgar por esta variable, preguntas de una facilidad equivalente y alta. La pregunta inferencial 3, sin embargo, resulta mucho más difícil con un promedio menor que la mitad del resto de preguntas.

	<i>PUNTUACIÓN PROMEDIO</i>
Pregunta 1 (inferencial)	0,71±0,30
Pregunta 2 (literal)	0,73±0,41
Pregunta 3 (inferencial)	0,34±0,33
Pregunta 4 (literal)	0,75±0,32

Tabla 23. Promedios obtenido para las cuatro preguntas.

Algunas de las variables de proceso antes analizadas en relación con el éxito de los sujetos son indicadores de las diferencias en la dificultad de las preguntas.

	<i>Núm. Consultas</i>	<i>Núm. Consultas Pertinentes</i>	<i>% Consultas Pertinentes</i>	<i>Tiempo total de Consulta</i>	<i>Tiempo Consulta Pertinente</i>	<i>% Tiempo Consulta Pert.</i>
Preg 1	3,400	1,900	58,835	38,883	19,775	58,655
Preg 2	3,675	2,400	67,452	35,400	24,743	72,920
Preg 3	3,250	3,075	96,212	25,228	24,825	98,211
Preg 4	5,050	1,350	24,385	43,533	12,565	27,291

Tabla 24. Diferencias entre las preguntas en variables de proceso.

Puede apreciarse que la pregunta 3 requiere mayor número de consultas y mayor tiempo total de consultas que el resto, pero presenta menores fracciones de consultas pertinentes y tiempo de consulta a segmentos pertinentes que el resto. Es decir; la dificultad de la pregunta se manifiesta en que la efectividad, en la fase de consulta, es baja: mucha consulta, pero pocos segmentos pertinentes; mucho tiempo, pero poco tiempo consultando segmentos pertinentes. Las preguntas fáciles muestran patrones opuestos: menor número total de consultas pero mayor porcentaje de consultas pertinentes; menor tiempo total de consultas, pero mayor porcentaje de tiempo dedicado a consultas pertinentes.

Dado que las preguntas 1 y 3 son ambas de tipo inferencial, pero presentan niveles de dificultad muy diferentes, compararemos a continuación ambas preguntas con el fin de esclarecer los modos en que se manifiestan los diferentes grados de exigencia a la hora de responderlas.

Diferencias entre preguntas fáciles y difíciles en variables de proceso. La comparación entre las preguntas 1 y 3, ambas inferenciales, pero la primera

fácil y la segunda difícil, parece un campo de pruebas promisorio para poder estudiar si existen o no diferencias a la hora de tratar de construir las soluciones, que pudieran ser registradas a través de acciones concretas que los sujetos realizan. Como quiera que el nivel de éxito es muy diferente, es posible que este análisis ayude también a encontrar algún patrón diferencial entre los (pocos) sujetos que consiguen resolver con éxito la pregunta 3, y los que no lo logran, pero que sí contestan bien la pregunta 1. El análisis de las acciones en la fase de consulta de los sujetos va a ser algo más detenido que hasta ahora, buscando variables determinantes que no hubieran sido consideradas hasta ahora.

Velocidad de lectura durante la fase de consulta. Una de esas variables está relacionada con el hecho de que los sujetos, cuando se encuentran con un segmento enmascarado y no recuerdan su contenido, deben pulsar sobre él para saber si es el buscado o no lo es; con el fin de procesar su información o desestimarla y pasar a otro. Como se mencionó anteriormente, en el apartado de Metodología, los criterios para discriminar las lecturas auténticas (con procesamiento de la información) de las meras comprobaciones y desestimaciones, pueden ser variados, pero el que parece funcionar mejor es el de encontrar la media de la variable tiempo/palabra en cada sujeto para todas sus consultas, y separar las consultas por encima y por debajo de esta media. Como los sujetos tienen un comportamiento lógico, los grupos resultantes tienen rangos muy diferentes. Tan sólo ha habido 4 consultas dudosas, por quedar demasiado cerca de la media, que fueron asignadas a uno u otro grupo usando otro criterio complementario: mirar el t/palabra mínimo que el sujeto empleó en la lectura inicial del texto, menos una desviación típica. Tiempos menores que este se asociaron con procesamientos incompletos.

La tabla siguiente muestra los valores correspondientes a la media del grupo de sujetos para la variable velocidad promedio de lectura durante las consultas (se han eliminado los sujetos que no consultan en cada pregunta).

<i>CONSULTAS: T/P PROMEDIO</i>	<i>PREGUNTA 1</i>	<i>PREGUNTA 3</i>
(segundos/palabra)	0,234 ± 0,083	0,238 ± 0,137

Tabla 25. Velocidad de lectura promedio en consultas. Valores Medios de todos los sujetos.

Como se puede apreciar, si no se consideran los sujetos que deciden no consultar, el promedio para ambas preguntas es similar, lo que indica cierta regularidad en la velocidad de procesamiento de la información y de la toma de decisión sobre leer o pasar a otro segmento, por parte de los sujetos. Es cierto que la pregunta 3 registra mayor número de sujetos que deciden consultar (29 sujetos) que la pregunta 1 (21 sujetos). El estadístico t de Student (2 colas) muestra que la variable “consultar o no hacerlo” no tiene influencia ninguna sobre la puntuación de ambas preguntas. Los sujetos que deciden no consultar son, en casi todos los casos, de conocimiento previo alto.

Una vez establecidos estos valores como punto de corte para diferenciar los segmentos realmente procesados y aquellos desestimados, podemos separar ambos grupos de datos y obtener las velocidades promedios para ambos:

<i>T/P PROMEDIO</i>	<i>PREGUNTA 1</i>	<i>PREGUNTA 3</i>
Segmentos consultados	0,134 ± 0,065	0,095± 0,078
Segmentos desestimados	0,338 ± 0,155	0,352± 0,199

Tabla 26. Velocidad de lectura promedio en consultas de segmentos procesados y Segmentos desestimados (no procesados).

De nuevo encontramos que los valores de velocidad promedio de lectura de segmentos procesados es muy similar en ambas preguntas, mostrando de nuevo una cierta regularidad en este tipo de variable, por otra parte esperable. Cada sujeto (que es buen lector por su nivel académico) requiere un tiempo/palabra para la lectura y procesamiento de la información cuyo valor se encuentra, usualmente, en un rango estrecho que se rebasa en los casos en los que aparecen obstáculos en la comprensión de la información y el sujeto detecta estos obstáculos.

En otras variables de proceso, ya utilizadas en análisis anteriores, el estadístico t de Student para grupos pareados, muestra que no existen diferencias significativas entre los valores asociados con la pregunta 1 y con la pregunta 3, (sí las hay, y altamente significativas, en las puntuaciones).

En ambas preguntas, estas variables de proceso están correlacionadas significativamente, o con una significación cercana al límite convenido (0,05) con las puntuaciones alcanzadas por los sujetos:

<i>CORRELACIÓN PEARSON ENTRE PUNTUACIÓN Y:</i>	<i>PREGUNTA 1</i>	<i>PREGUNTA 3</i>
Num consultas total	-0,39 (p < 0,05)	+0,27 (p de borde)
Num consultas Pertinente	-0,30 (p de borde)	+0,46 (p < 0,01)
Tiempo total consulta	-0,36 (p < 0,05)	+0,29 (p de borde)
Tiempo consultas Pertinente	-0,36 (p < 0,05)	+0,50 (p < 0,01)

Tabla 27. Resultados para los dos tipos de preguntas inferenciales.

Lo más interesante es el hecho de que los valores del coeficiente de Pearson tienen signos opuestos en ambas preguntas. Interpretamos que cuando la pregunta es fácil los sujetos que realizan más consultas y más consultas a segmentos pertinentes (más visitas totales y más visitas a los mismos segmentos pertinentes) son los que tienen obstáculos para comprender y

elaborar la respuesta, mientras que los sujetos que puntúan alto, no requieren demasiadas consultas, ni tiempo para responder. Sin embargo, cuando la pregunta resulta difícil, los sujetos necesitan muchas consultas y mucho tiempo para construir la respuesta correcta, y son los que emplean más tiempo y mayor número de consultas los de mayor puntuación. Es una nueva manera de visualizar las diferencias entre preguntas fáciles y difíciles.

Diferencias en el procesamiento entre información pertinente y no pertinente. Cada una de las visitas realizadas a segmentos, durante la fase de consulta, para responder cada pregunta, puede ahora ser clasificada como consulta auténtica o no, de modo que es posible clasificar los segmentos en “consultados” y “no consultados”, cuando en realidad se desenmascaran pero se desestiman rápidamente. Una hipótesis razonable es que las preguntas deben puntuar más alto (resultar más fáciles) cuando la diferenciación entre segmentos pertinentes y no pertinentes es realizada correctamente por una fracción grande de sujetos. Asimismo, los sujetos con éxito deberían ser capaces de diferenciar correctamente los segmentos pertinentes de los no pertinentes, y detenerse a procesar los primeros y no los segundos. La tabla siguiente muestra la distribución de sujetos que se detienen (velocidad de consulta lenta; t/p por encima de la media) o no se detienen (velocidad rápida; t/p por debajo de la media) en los segmentos pertinentes y no pertinentes para solucionar la pregunta 1. El valor del estadístico Chi cuadrado con corrección de Yates es 12,66 lo que tiene una alta significación.

Los sujetos del grupo discriminan correctamente los segmentos pertinentes y se detienen en ellos para procesarlos. No es descabellado pensar, que el éxito alto en esta pregunta (media superior a 0,7 sobre 1) está relacionado con este hecho.

<i>PREGUNTA 1</i>	<i>T/P ALTO</i>	<i>T/P BAJO</i>	<i>TOTAL</i>
Segmentos Pertinentes	42 (31,85)	34(44,15)	76
Segmentos No Pertinentes	15(25,15)	45(34,85)	60
Total	57	79	136
Chi-Cuadrado	12,66; p < 0,001		

Tabla 28. Distribución de consultas lentas y rápidas entre segmentos pertinentes y no pertinentes y valor de Chi Cuadrado. (Entre paréntesis los valores esperados en la distribución).

Podemos preguntarnos si la consulta a información, pertinente o no pertinente, está asociada con el éxito en la pregunta 1. La siguiente tabla y Chi cuadrado nos informan de que, en efecto, los sujetos que alcanzan puntuaciones máximas consultan mayor número de segmentos pertinentes y menor número de no pertinentes que los que alcanzan puntuaciones menores. Ello incluye tanto las consultas verdaderas como los segmentos que se desenmascaran para ser desestimado y, por tanto, se ve afectado por el recuerdo de la ubicación de la información en el texto, cuyo efecto ya fue valorado antes.

<i>PREGUNTA 1</i>	<i>PUNTUACIÓN < 1</i>	<i>PUNTUACIÓN =1</i>	<i>TOTAL</i>
Segmentos Pertinentes	47 (53,08)	29 (22,91)	76
Segmentos No Pertinentes	48 (41,91)	12 (18,08)	60
Total	95	41	136
Chi-Cuadrado	5,32; p < 0,05		

Tabla 29. Distribución de consultas a segmentos pertinentes y no pertinentes en función de la puntuación alcanzada, y valor de Chi Cuadrado. (Entre paréntesis los valores esperados en la distribución).

Para la pregunta difícil, en nuestro caso la pregunta 3, el resultado es muy distinto. La distribución de la tabla siguiente y el valor de chi cuadrado muestran que no hay asociación significativa en esta pregunta entre lecturas lentas/rápidas y la pertinencia o no de las informaciones:

<i>PREGUNTA 3</i>	<i>T/P ALTO</i>	<i>T/P BAJO</i>	<i>TOTAL</i>
Segmentos Pertinentes	22 (22,18)	32(31,81)	54
Segmentos No Pertinentes	60 (60,81)	88(87,18)	148
Total	82	120	202
Chi-Cuadrado	0,053; p > 0,1		

Tabla 30. Distribución de consultas lentas y rápidas entre segmentos pertinentes y no pertinentes y valor de Chi Cuadrado. (Entre paréntesis los valores esperados en la distribución).

La pregunta es difícil de entender y los sujetos no reconocen qué fragmentos de información textual pueden ser pertinentes para construir la respuesta. Como resultado, los sujetos “navegan” por el texto sin criterio para detenerse especialmente en los segmentos pertinentes y desestimar el resto. El

número de consultas es ahora mayor que para la pregunta 1 aunque las diferencias no son significativas, como ya vimos antes.

Sin embargo, los sujetos de mejor puntuación sí consultan mayor número de segmentos pertinentes que los de menor puntuación, y las diferencias son significativas. La cantidad de segmentos no pertinentes activados en algún momento, por los sujetos de menor puntuación, triplica la de segmentos pertinentes, mientras que entre los sujetos de alta puntuación la cantidad es casi igual.

<i>PREGUNTA 3</i>	<i>PUNTUACIÓN < 1</i>	<i>PUNTUACIÓN =1</i>	<i>TOTAL</i>
Segmentos Pertinentes	43 (47,85)	11(6,14)	54
Segmentos No Pertinentes	136 (131,14)	12 (16,85)	148
Total	179	23	202
Chi-Cuadrado	5,52; p < 0,05		

Tabla 31. Distribución de consultas a segmentos pertinentes y no pertinentes en función de la puntuación alcanzada, y valor de Chi Cuadrado. (Entre paréntesis los valores esperados en la distribución).

Son muchos los sujetos que cometen algún error u omisión en la respuesta y acumulan un gran número de consultas. Podemos ver también que el número de consultas no pertinentes es casi 3 veces mayor que el de pertinentes en conjunto. Todo ello ofrece una idea coherente con una pregunta de gran dificultad.

Sabemos ahora que el número de consultas es grande y también el tiempo elevado empleado en ellas, aunque el porcentaje de consultas pertinentes es bajo y también es bajo el porcentaje de tiempo dedicado a consultas pertinentes. Además, el éxito global es bajo. Emergen ahora las preguntas siguientes: ¿cuál es el foco de atención de la mayoría de sujetos en las consultas? y por otro lado; ¿qué guía su búsqueda de información?

En el caso de la pregunta inferencial 1 la respuesta clara: el foco de atención es la información que puede usarse como base para realizar una inferencia analógica, y esta información los sujetos la encuentran e identifican en los segmentos 3.1, 3.2 y 3.3 de ambas versiones de texto. Los mecanismos cognitivos para realizar el vínculo analógico entre el caso de la oveja (texto) y el de la ballena (pregunta 1) están al alcance de la gran mayoría de sujetos de este nivel académico. Los requisitos son: saber que oveja y ballena son ambos seres vivos; y saber que la cantidad de grasa bajo la piel es una característica análoga a la cantidad de lana, y ambas están igualmente sometidas a los mecanismos de selección natural. En el caso de la pregunta 3, el vínculo entre las ideas del texto y la demanda, no es tan cercano y los mecanismos cognitivos requeridos para realizar las inferencias no están tan presentes en el grupo de sujetos: se requiere comprender los mecanismos evolutivos generales y aplicarlos a proceso de la diferenciación progresiva entre ancestros y sucesores que se da en muchos linajes de seres vivos. Los sujetos tratan, sin embargo, de encontrar ese vínculo en el texto.

¿Qué indicadores les hacen detenerse a procesar la información de un segmento? Esta respuesta sería interesante para diferenciar el comportamiento de sujetos de éxito del comportamiento de otros sujetos con menor éxito.

Una hipótesis plausible procede de la investigación en comprensión de textos. Los sujetos deben construir representaciones del texto (Kintsch, 1998) a nivel Léxico, a nivel semántico (Base del Texto) y también un Modelo Mental que permita relacionar las ideas del texto con el conocimiento previo y usar la nueva información en situaciones diferentes (Modelo de la Situación).

Los sujetos de procesamiento menos profundo son aquellos que se quedan en el nivel Léxico y/o en el nivel Semántico, pero su representación a nivel de Modelo de la situación es pobre. Estos sujetos tienden a retener las

ideas del texto de un modo literal y con escasos vínculos con el conocimiento relevante almacenado en la memoria a largo plazo. En Ciencias Experimentales, (Dee-Lucas .y Larkin, 1990, 1986; Chi et al, 1994) probaron hace tiempo que los sujetos de bajo rendimiento, tendían a fijarse en aspectos poco relevantes de los problemas, como los objetos que eran mencionados, mientras que los de alto rendimiento clasificaban los problemas según aspectos no literales, como las leyes y principios subyacentes.

Aplicando la misma conjetura a nuestro caso, podemos pensar que, en esta pregunta difícil, los sujetos de bajo rendimiento que no conocen y/o no son capaces de determinar el principio o la idea fundamental subyacente, tratarán de encontrar los vínculos entre el texto y la pregunta a partir de señales superficiales, como la presencia de las mismas palabras o sinónimos en ciertos segmentos de información. Estas palabras son denominadas ahora “palabras clave” para la búsqueda. Así, clasificamos de nuevo los segmentos de texto según 3 categorías: pertinentes, no pertinentes que contienen alguna palabra clave; no pertinente sin palabras clave. Para la pregunta 3, las palabras clave que aparecen en su enunciado son las siguientes: “*ser vivo*”, “*diferentes*”, “*antecesores*”, y quizás todas las palabras que pertenecen al mismo campo semántico, como “*vida*”, “*diferencia*”, “*antepasado*”, etc.

Interesa además estudiar en qué tipo de segmentos se detienen los sujetos para procesar su contenido. Por tanto, de todas las consultas debemos retener únicamente aquellas que se realizan con un tiempo/palabra por encima de la media. La tabla siguiente muestra la distribución de consultas según el éxito alcanzado por los sujetos en esta pregunta:

<i>SÓLO T/P POR ENCIMA DE LA MEDIA</i>	<i>PUN<1</i>	<i>PUN=1</i>	<i>TOTAL</i>
Consultas pertinentes	16 (19,6)	6 (2,4)	22
Consultas no pertinentes a segmentos con palabras clave	52 (49,0)	3 (6,0)	55
Consultas no pertinentes a segmentos sin palabras clave	5 (4,5)	0 (0,5)	5
Total consultas	73	9	82
Chi cuadrado= 9,00; p< 0,05			

Tabla 32. Relación entre puntuación y segmentos procesados con especial atención a los segmentos no pertinentes que contienen palabras clave. Chi cuadrado.

Lo primero que llama la atención es la coherencia lógica del resultado: los sujetos apenas procesan segmentos cuyo contenido carece de palabras clave (no tiene conexión con la pregunta). Dedicar todo su tiempo a visitar segmentos, bien relevantes, bien no relevantes pero con palabras coincidentes con las mencionadas en el enunciado de esta pregunta 3. La prueba Chi cuadrado con corrección de Yates indica que la asociación entre tipo de segmento procesado y puntuación alcanzada es significativa. Vemos que los sujetos de alta puntuación consultan más segmentos pertinentes y menos no pertinentes con palabras clave de lo esperado, mientras sucede al contrario con los sujetos de menor éxito. Si diferenciamos más entre las puntuaciones de los sujetos (en esta pregunta solo tenemos 3 posibles puntuaciones según los criterios aplicados) el resultado es el que sigue:

<i>SOLO T/P POR ENCIMA DE LA MEDIA</i>	<i>PUNT=0</i>	<i>PUNT=0,5</i>	<i>PUNT=1</i>	<i>TOTAL</i>
Seg pertinentes	5 (8,9)	11 (10,7)	6 (2,4)	22
Seg no pert. con palabras clave	25 (22,1)	27 (26,8)	3 (6,0)	55
Seg no pert sin palabras clave	3 (2,0)	2 (2,4)	0 (0,5)	5
Totales	33	40	9	82
Chi cuadrado = 10,90; p < 0,05				

Tabla 33. Relación entre puntuación y segmentos procesados con especial atención a los segmentos no pertinentes que contienen palabras clave. Chi cuadrado.

Vemos que son los sujetos que obtienen puntuación 0 y los de puntuación 1 los que presentan mayores diferencias con los valores esperados, pero en sentidos contrarios.

La conclusión es que, en efecto, cuando la pregunta presenta gran dificultad, los sujetos tienden a buscar información a partir de señales superficiales en el texto, lo cual los lleva a procesar y utilizar información no pertinente para elaborar la respuesta cuya calidad no es buena o es simplemente errónea.

En resumen: Las preguntas que resultan fáciles o difíciles, a juzgar por el promedio de aciertos o de su puntuación, muestran también indicadores de esa facilidad o dificultad durante el proceso de construcción de la respuesta a partir de consultas en el texto. Variables como el tiempo total empleado en las consultas, el porcentaje de tiempo dedicado a consultar segmentos pertinentes, el número total de visitas a segmentos realizadas y el número y porcentaje de visitas a segmentos pertinentes presentan diferencias significativas. Las preguntas difíciles ocupan más tiempo de consulta en los sujetos, pero menor porcentaje de consulta de segmentos pertinentes que las fáciles; asimismo las

fáciles presentan menor número de visitas totales a segmentos de información, pero mayor porcentaje de visitas pertinentes. Todo ello de acuerdo con lo esperado.

Los sujetos que obtienen mejor puntuación global en la prueba de comprensión, son aquellos que responden inmediatamente después de haber procesado un segmento pertinente. Esto es indicativo del reconocimiento de la información pertinente y también de la capacidad metacognitiva (control de la comprensión) de saber cuándo se ha elaborado una respuesta de calidad. Precisamente esta capacidad de discriminar entre información pertinente de la que no lo es, supone un factor importante de predicción de las dificultades para dar buenas respuestas a las cuestiones.

Cuando los sujetos en general son capaces de discriminar bien entre información pertinente y no pertinente, durante las consultas, la pregunta resulta fácil y el promedio de puntuación es alto. Promedios bajos están asociados a una ausencia de discriminación entre información pertinente y no pertinente: los sujetos se detienen por igual para procesar uno u otro tipo de segmentos de información.

Los sujetos con alta capacidad para encontrar la información pertinente, en forma de ideas a partir de las cuales elaborar otras ideas (procesos inferenciales), y son capaces de distinguir entre indicadores superficiales, como palabras coincidentes, e indicadores profundos, como ideas y significados, son los que obtienen mayor éxito, en especial cuando las preguntas son difíciles. Por el contrario, los sujetos que alcanzan niveles bajos de éxito presentan un patrón de comportamiento consistente en atender a las señales superficiales del discurso (presencia/ ausencia de palabras clave) como indicadores de la pertinencia o no de la información.

También hay correlaciones entre variables de proceso y las puntuaciones en las cuestiones de comprensión. El tiempo total de consulta, el tiempo dedicado a segmentos pertinentes, el número total de visitas a segmentos y el número de visitas a segmentos pertinentes, correlacionan significativamente o tienen una significación de borde con la puntuación. Sin embargo, es interesante destacar que el signo de la correlación (directa o inversa) depende de la dificultad de la pregunta. Las preguntas fáciles presentan correlaciones negativas: por ejemplo, a mayor tiempo de consultas (igual para el resto de variables), menor puntuación; lo que indica, que son los sujetos con dificultades los que se detienen mucho en la consulta, mientras que los sujetos que son capaces de encontrar la respuesta correcta necesitan poco tiempo.

Pero es a la inversa en el caso de las preguntas de alta dificultad: como la construcción de la respuesta correcta es difícil, son los sujetos perseverantes que dedican mucho tiempo a las consultas (igual para el resto de variables), a realizar inferencias, a elaborar respuestas tentativas y a comprobar la calidad de la respuesta construida antes de responder formalmente, quienes obtienen mejor puntuación.

Los sujetos que emplean menos tiempo de consulta anterior a encontrar el primer segmento pertinente, obtienen mejor puntuación en preguntas inferenciales (no en literales). Al parecer, los sujetos que aprenden mejor la estructura topológica de las ideas del texto (las ubican mejor) y son capaces de ir rápidamente a los segmentos pertinentes, obtienen más éxito. Pero el procesamiento inicial del texto, durante la primer lectura del mismo, más o menos eficiente, no está asociado a velocidades lectoras mayores o menores.

3.3. Conclusiones

Nuestra hipótesis de partida, quedo configurada como sigue: *el nivel de aprendizaje alcanzado, tras el procesamiento del texto, está asociado con el uso de estrategias concretas durante la lectura.*

Observamos que respecto a la variable de rendimiento en la prueba final de comprensión, el grupo que leyó el texto mejorado con un bajo conocimiento previo, obtiene mejores porcentajes de acierto que aquellos que leyeron el texto original. En este caso y al igual que ocurrió en el Experimento I, los sujetos que leyeron el texto mejorado obtuvieron mejores resultados en la prueba final, que aquellos sujetos que realizaron la prueba con el texto original. Esta mejoría se evidencia en mayor porcentaje en los sujetos de bajo conocimiento previo, mientras que los de alto su mejoría no es tan significativa. Esto concuerda con resultados obtenidos por otros investigadores (McNamara et al, 1996; Kintsch, 2004). Por lo que la relación entre aprendizaje y conocimiento previo no es única, se confirma que mejorando la cohesión del texto, podremos mejorar la comprensión del mismo, independientemente del conocimiento previo del sujeto. Por lo que la mejora en la coherencia textual facilita la integración de la información y el procesamiento de la misma.

Vemos que existen diferencias significativas entre las preguntas de dificultad elevada (Inferenciales) que obtienen patrones diferenciales tales como un mayor número de consultas que aquellas de baja dificultad (literales) independientemente de la variable textual. Este modelo de pregunta, requiere una revisión exhaustiva de aquellos segmentos pertinentes para responder, ya que dicha respuesta no se encuentra explicitada en el mismo, por lo que implica una reelaboración por parte del sujeto.

Esto nos indica que el proceso de conexión entre la demanda de la pregunta y la estructura mental que los sujetos poseen del texto, resulta más compleja en las preguntas inferenciales que en las literales. Este aspecto es evidenciable, además, por un aumento en los tiempos de consulta y lectura. De esta forma, los sujetos se ven obligados a reforzar continuamente la imagen formada entorno a la pregunta cuando regresan al texto para consultar.

Otro aspecto importante, en el que encontramos patrones diferenciales a la hora de responder las preguntas, es la consulta de segmentos pertinentes antes de responder sobre el total de consultas, que es mayor en los sujetos que obtienen un alto rendimiento frente a los de bajo rendimiento. Los sujetos con buenas estrategias de resolución concentran su atención en la información pertinente del texto, que ayuda a completar su estructura de conocimientos.

También encontramos diferencias en lo que llamamos “palabras clave”, es decir: el análisis superficial del texto, cuando la dificultad de la pregunta es elevada por parte de los sujetos que leyeron ambos textos

Además de replicar la influencia del conocimiento previo y de las manipulaciones textuales sobre el éxito a la hora de contestar preguntas de comprensión, hemos explorado los procesos de búsqueda de información y de elaboración de respuestas a dichas preguntas, con el fin de encontrar factores diferenciales asociados con la mayor o menor dificultad de las preguntas, y con el mayor o menor éxito de los sujetos. Aunque algunas de las variables consideradas son significativas, las varianzas de las puntuaciones explicadas por las diferentes variables estudiadas en este segundo experimento, hacen pensar en la importancia de otras variables cognitivas y metacognitivas no consideradas en los dos experimentos anteriores.

Tras haber explorado los procesos de búsqueda de información y construcción de respuestas a preguntas, y haber encontrado indicios de

variables que discriminan entre el procesamiento de sujetos de alto y bajo rendimiento, es importante diseñar un tercer experimento en el que se controlen y manipulen algunas de esas variables que parecen importantes y alguna otra no considerada hasta ahora, de carácter metacognitivo, con el fin de provocar el fenómeno pretendido: diferentes niveles de éxito en la comprensión medida a través de respuestas a preguntas. Este es el objeto del tercer experimento.

CAPÍTULO V

EXPERIMENTO III

INFLUENCIAS DEL NIVEL DE CONTROL DE LA COMPRESIÓN Y DEL NIVEL DE COMPRESIÓN LECTORA SOBRE EL PROCESAMIENTO DE TEXTOS CIENTÍFICOS

CAPÍTULO V

EXPERIMENTO III

Influencia del nivel del Control de la Comprensión y del nivel de Comprensión Lectora sobre el procesamiento de textos científicos

Introducción

El objetivo último de nuestra investigación es encontrar procedimientos científicamente fundamentados, para mejorar la comprensión de textos. Un texto es algo más que un compendio de expresiones yuxtapuestas y posee una coherencia temática. Por ello, un procesamiento correcto del mismo exige una integración de las relaciones entre las oraciones que lo componen y no se reduce exclusivamente a entender los significados de las oraciones que lo integran.

En el Experimento II obtuvimos resultados de interés sobre las estrategias que emplean los sujetos, en el procesamiento de la información textual, cuando intentan responder preguntas sobre el contenido del texto de Ciencias. Llama la atención que los sujetos que responden correctamente a preguntas difíciles, que requieren inferencias, sean los que más segmentos de información pertinente procesan (con lectura lenta de los mismos) mientras los sujetos que cometen errores se detienen en la lectura de más segmentos de información no pertinente, pero que contienen “palabras clave”, es decir: términos mencionados explícitamente en el enunciado de la pregunta formulada. Ello lleva a pensar en la posibilidad de que uno de los factores que

pueden explicar las diferencias entre los sujetos de alto rendimiento y los de bajo sea la capacidad de los primeros para procesar ideas (más allá de la literalidad) mientras los segundos tienden a procesar palabras o proposiciones simples. Si esto se validara suficientemente, una conclusión importante, de consecuencias educativas inmediatas, sería que hay que potenciar la comprensión lectora mucho más de lo que se hace hasta ahora.

Otro factor que podría estar afectando los resultados, es la capacidad de los sujetos de controlar su propia comprensión. Los factores metacognitivos han sido estudiados profusamente (Campanario y Otero, 2000; Baker, 1994) y se ha probado que explican mayor varianza de éxito académico que otros factores cognitivos e instruccionales (Otero, 1990). El control de la comprensión (CC) podría estar relacionado con la comprensión lectora (CL) en el éxito de los sujetos; de modo que, cuando un sujeto lee y representa las ideas del texto (proceso cognitivo), entra en juego el módulo de control para revisar la representación y realizar un test que asegure la ausencia de incoherencias temáticas y de contradicciones con el conocimiento previo. Así, un nivel alto de CL facilita la vinculación entre las ideas textuales y los esquemas interpretativos residentes en la memoria (conocimiento previo), permitiendo que el CC realice luego los *checkeos* oportunos para determinar si las ideas textuales preservan la coherencia de tales esquemas o no lo hacen, en cuyo caso se deben reconsiderar.

El modelo que vamos a utilizar para investigar la influencia de estos factores sobre el éxito en la respuesta a preguntas inferenciales, realizadas sobre la información textual, está basado en que responder una cuestión inferencial es similar a solucionar un problema.

En el campo de Resolución de Problemas se establece una diferenciación entre Representación del problema y Procedimiento de resolución (Mayer,

1983; Leinhardt y Schwarz, 1997). Cuando un sujeto se enfrenta a una pregunta sobre el texto ya procesado, como es el caso de nuestro Experimento II, lo primero que intenta es comprenderla, lo cual significa representarla en términos del Modelo de la Situación. Este proceso de representación está influido por el nivel de Comprensión Lectora (Ackerman, 1988; Chi, 2000). Una vez representada, el sujeto crea un juicio consciente o inconsciente sobre la adecuación y suficiencia de tal representación. Este enjuiciamiento está influido por el nivel de Control de la Comprensión del sujeto (Baker, 1991; Campanario y Otero, 2000). Si el juicio no es favorable, el sujeto iniciará un proceso para mejorar la representación hasta que lo sea; o en caso contrario, se detendrá y no iniciará el proceso de búsqueda de respuesta. Si el juicio es favorable, el sujeto iniciará un proceso para intentar construir la respuesta. En este proceso se activan esquemas de acción y se ponen en juego factores estratégicos y habilidades cognitivas tales como la capacidad lógica para realizar inferencias.

En el caso de que se realicen consultas textuales, la pertinencia de información de cada segmento se valora mediante su cotejo con la representación de la pregunta. Este proceso está influido por el nivel de Comprensión Lectora. Una vez construida una respuesta, de nuevo se debe valorar su adecuación a la pregunta, y este proceso está influido por el Control de la Comprensión. El experimento que sigue está diseñado para valorar específicamente la influencia de ambas variables sobre la comprensión de textos de ciencias.

1. Planteamiento y objetivo

El objetivo que se planteó al inicio de nuestra investigación requirió la realización de este tercer experimento, buscando cuáles son las razones que llevan a los sujetos a ser o no capaces de comprender, en profundidad la información de un texto de Ciencias. En esta línea, y con una clara finalidad de completar los resultados del Experimento II, planteamos este tercer experimento con dos objetivos:

1. Valorar hasta que punto las dificultades de comprensión del texto se deben a deficiencias en comprensión lectora de los sujetos.

2. Determinar, si una parte de las dificultades halladas a la hora de contestar preguntas inferenciales, procede de un mal control de la propia comprensión de los sujetos.

Conocer las diferencias entre los buenos lectores y aquellos que no lo son tanto, resulta útil a la hora de diseñar procedimientos de intervención para mejorar la comprensión lectora. Recordemos, tal y como vimos en el Capítulo I, que la comprensión lectora se entiende como un proceso interactivo, es decir: se acepta que el significado no está presente en el texto o en la memoria del lector, sino que se va construyendo durante el proceso de lectura, a través de una serie de estrategias, para lograr un resultado satisfactorio. En función de estas estrategias podemos diferenciar entre los tipos de sujetos. Por ello, es fundamental analizar e integrar esta idea en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias, con el fin de mejorar en los alumnos los niveles de comprensión lectora.

Por tanto, teniendo en cuenta nuestros objetivos, la hipótesis para este tercer experimento quedó de la siguiente forma:

En tareas de búsqueda de información para responder preguntas inferenciales, los estudiantes que presentan bajos niveles de control de la comprensión y/o bajos niveles de comprensión lectora tendrán dificultades para diferenciar la información pertinente de la no pertinente a la hora de procesar ideas y conjuntos de ideas necesarios para comprender el contenido, por lo que cometerán errores bien definidos que podrían ser atribuidos erróneamente a otras causas, como concepciones alternativas a las científicas.

Estos sujetos tendrán dificultades para construir una representación del Modelo de la Situación adecuado para la comprensión profunda de las ideas científicas y cometerán errores asociados con un procesamiento superficial del contenido. El procesamiento superficial dificulta la construcción de inferencias elaborativas, típicas de las preguntas de evaluación en las clases de Ciencias. Por tanto, entre las consecuencias contrastables de esta hipótesis están las siguientes:

- 1. Tras estudiar un texto de ciencias, los sujetos de comprensión lectora alta obtendrán mejores resultados que los de comprensión lectora baja en la prueba de comprensión basada en cuestiones inferenciales. Los sujetos de procesamiento superficial deben guiarse más que los de procesamiento profundo por las marcas superficiales del texto (palabras, proposiciones y frases aisladas). Ello puede conducir a que los sujetos tomen por información pertinente para construir la respuesta, aquella que contiene palabras clave o frases literales aisladas del texto, que aparecen recogidas en el enunciado de las preguntas.*

2. Si la formulación de las preguntas contiene palabras o frases que literalmente aparecen en el texto en segmentos de información no pertinente, entonces los sujetos de bajo nivel de Comprensión lectora darán más respuestas erróneas que los de nivel alto en esta variable.

Por último esperamos efectos debidos a diferencias en el nivel de Control de la Comprensión, de modo que:

3. Cuando se trate de preguntas de dificultad alta para las que se deben realizar varias inferencias antes de llegar a la respuesta, los sujetos de alto control de su comprensión puntuarán más que los de bajo control. Un número mayor de inferencias necesarias para enlazar la pregunta con la información textual (o viceversa) dificulta la comprensión de la causalidad (Otero y Campanario, 1990), que es un aspecto muy importante en textos expositivos como los utilizados en la enseñanza de las Ciencias Experimentales. La probabilidad de cometer errores en una cadena causal larga, que requiere varias inferencias elaborativas, es grande. Si un sujeto tiene un bajo nivel de CC es difícil que pueda detectar errores o inconsistencias en su elaboración de la respuesta. En cadenas cortas, incluso un nivel bajo de CC puede ser suficiente (en estas edades y niveles académicos) para detectar inconsistencias.

Así pues, la simple lectura del texto se plantea insuficiente para mejorar el Modelo Situacional. Esta representación se verá beneficiada por la propuesta de resolver cuestiones inferenciales de alto nivel y la capacidad de controlar el estado de la propia comprensión como elemento fundamental de la lectura crítica (Otero y Campanario, 1990; Baker, 1991)

1.1. Marco teórico de la hipótesis

Como ya comentamos en el primer capítulo, la lectura de textos expositivos representa una habilidad compleja, cuyo dominio conlleva la puesta en marcha de un conjunto de destrezas cognitivas, que van desde la identificación e interpretación de los signos ortográficos, hasta procesos más complejos relacionados con la integración de conocimientos sobre la base de las nuevas informaciones presentadas. (McNamara, 1996; Lehman y Schram, 2002)

La comprensión de un texto consiste en primer lugar en *formar las ideas*, es decir: interpretar la información textual a nivel semántico, y conectar las ideas del texto entre sí y con el conocimiento previo. Para ello se requiere realizar inferencias para conseguir coherencia local y global en la representación del texto. A partir de las ideas del texto, los lectores de cierta madurez *forman macro-ideas: generalizaciones o síntesis* de manera que el lector va formando una representación jerárquica en su mente (Vidal-Abarca et al, 2000).

Es decir, los procesos cognitivos en la comprensión se ven afectados por los esquemas conceptuales previos del sujeto. Si los sujetos poseen estrategias de control de su comprensión, ello facilita la detección de obstáculos en su estado actual de comprensión y le permite afrontar esas dificultades para intentar superarlas (p.e. formulando una pregunta). (Otero et al, 1992; Maturano et al, 2002).

En definitiva, la comprensión de textos científicos, requiere tanto de habilidades de Comprensión Lectora para poder construir una buena representación semántica del texto (la Base del Texto), como de estrategias que Controlen el proceso de Comprensión por el que se vincula esta representación textual con el conocimiento previo para formar la representación Modelo de la Situación. Esta construcción requiere la

vinculación vía inferencia de la información de la base del texto con la información de la MLP. Si se tiene un nivel alto de Control de la Comprensión, el número y fuerza de las conexiones realizadas vía inferencia, en esa construcción se optimiza. Asimismo se detectan inconsistencias (incoherencias) y se intentan superar.

2. Metodología

2.1. Muestra

Esta experiencia se realizó sobre una muestra de 82 estudiantes pertenecientes a tres centros de Enseñanza Secundaria de Valencia. Al igual que en los experimentos anteriores seleccionamos sujetos de un mismo nivel educativo, en esta ocasión correspondiente a 4º de Ecuación Secundaria Obligatoria, con edades comprendidas entre los 15 y 16 años. Este nivel educativo es el que corresponde con los textos experimentales utilizados y los estudiantes ya han estudiado el tema a nivel básico en cursos anteriores.

De nuevo se trató de una muestra de conveniencia, disponible para la realización de todas las sesiones del experimento y cuyo nivel Académico es adecuado al nivel de los textos experimentales. Este nivel Educativo permite también disponer de sujetos con buen nivel de comprensión lectora por término medio.

Dado que se trata de centros con una semejanza de nivel social (los tres de titularidad privado-concertada) y cercanía geográfica, la muestra seleccionada es homogénea en este sentido. Se comprobó que ambos grupos eran equivalentes en variables que pudiesen contaminar el experimento (i.e. CP

general, nivel social y actitudes frente a los test) mediante entrevistas personales con el profesorado responsable del centro y la jefatura de estudios.

El total de sujetos que ha intervenido en este tercer experimento se divide en dos grupos: Un primer grupo de 52 sujetos intervino en la primera fase en la que se realizó una prueba piloto que sirvió para poner a punto los materiales y validarlos para los fines perseguidos. El resto de sujetos, 30 alumnos, intervinieron en la segunda fase del estudio. Ambos grupos realizaron las tres sesiones, necesarias para completar el experimento. La implicación por parte del alumnado fue muy satisfactoria, y no hubo ninguna incidencia ni sujeto alguno cuyo comportamiento evidenciara anomalías. Gracias a la labor conjunta del profesorado del centro y de los investigadores, los sujetos se mostraron motivados y colaboradores.

2.2. Diseño del experimento

El Experimento III está diseñado siguiendo la misma línea que establecimos para los experimentos anteriores. Se trata de un enfoque experimental basado en el establecimiento de relaciones causales entre las variables seleccionadas. De esta forma, los factores independientes son: el Conocimiento Previo, el nivel de Comprensión Lectora y el nivel de Control de la Comprensión. La variable dependiente es el nivel de comprensión del contenido del texto, medido a través de una prueba final de resolución de cuestiones (ver apartado 2.3.5). En principio se trata de un diseño 2x2, con el factor CP en dos niveles, con el Control de la Comprensión y la Comprensión lectora como covariables. Posteriormente se valorará el interés de convertir estas dos covariables en factores ordenados en niveles.

Para el análisis de los resultados se utilizaron técnicas estadísticas inferenciales paramétricas (ANOVA, ANCOVA, Chi cuadrado). Además de realizar un estudio de los resultados globales de la prueba de comprensión, se realizará también un análisis de algunas cuestiones particulares cuya información sea pertinente a los propósitos de este experimento. En especial se estudiarán las respuestas dadas a las cuestiones diseñadas para diferenciar entre sujetos de procesamiento superficial y sujetos de procesamiento profundo.

2.3. Materiales e instrumentos

Los materiales utilizados en este experimento, son: Test de Control de la Comprensión elaborado por Otero, Campanario y Hopkins (1992). Test de Procesos de Comprensión Lectora, elaborado por el Grupo de Investigación Aprendizaje y Comprensión de Textos (2005). Test de Conocimientos Previos, sobre ideas básicas de evolución biológica. Texto experimental sobre “*La Evolución de las Especies*” y Prueba de Comprensión final, elaborados específicamente para este experimento.

2.3.1.- Test de Control de la Comprensión

Partiendo de los resultados obtenidos por Otero y Campanario, (1990) en investigaciones previas sobre el comportamiento de los sujetos que procesan párrafos con inconsistencias, seleccionamos un instrumento utilizado para medir el Control de la Comprensión siguiendo otros estudios dentro del "paradigma de la contradicción" (Markman, 1977; Baker, 1985). El instrumento ha sido aplicado con éxito por Otero, Campanario y Hopkins, 1992 y consistía en 6 párrafos breves, de 70 a 90 palabras,

recogidos en un folleto. Los párrafos 1º y 4º no contenían contradicción y sólo constaban de 5 frases. Los cuatro párrafos restantes incluían dos frases contradictorias en las posiciones 2 y 6. Todos los párrafos trataban de temas con los que los sujetos no estaban familiarizados, para evitar que evaluaran la consistencia con sus propios conocimientos: se sabe que evaluar la "consistencia externa" es más fácil que evaluar la "consistencia interna" (Baker, 1985). El conjunto de párrafos con contradicción utilizados en el instrumento pueden verse en el Anexo V.

La prueba para medir el Control de la Comprensión con estos párrafos contradictorios constaba de dos fases: Primero, los estudiantes leen los párrafos para identificar las dificultades, subrayando las oraciones problemáticas y explicando el problema encontrado. También se les pedía que en esta fase puntuasen la comprensibilidad de los párrafos en una escala de 1 (difícil de entender) a 4 (fácil de entender). En una segunda fase se les retiraban los textos y se les daba otra hoja informándoles acerca de las contradicciones. Algunos estudiantes detectan las contradicciones en la primera fase del experimento, pero no informan de ello porque usan procedimientos de "reparación" (Baker, 1979) - hacían inferencias que, desde su punto de vista, explicaban las contradicciones, por ejemplo, una inferencia frecuente fue suponer que antes no existían teorías que explicasen el fenómeno en cuestión pero que ahora ya se habían propuesto varias -.

Las instrucciones requerían que los estudiantes explicaran las razones por las cuales no señalaban explícitamente la contradicción en la primera fase. Las respuestas escritas se usaron para clasificar el tipo de control de la comprensión para cada párrafo, de acuerdo con los componentes de evaluación y regulación. (Otero y Campanario, 1990)

Según las respuestas escritas, podemos clasificar el tipo de control de la comprensión en:

a) La evaluación de la comprensión es inadecuada: En este caso, el sujeto no detecta la contradicción en los textos. Se pueden distinguir dos categorías:

1. Conocimiento ilusorio (CI). Engloba las respuestas dadas por los sujetos que no detectan la contradicción y que puntúan el texto como de buena (3) o muy buena (4) comprensibilidad. Este comportamiento refleja lo que Glenberg et al. (1982) denominan “conocimiento ilusorio”.
2. Dificultades básicas (DB). En estos casos, como el anterior, no se descubre la contradicción pero el sujeto clasifica la comprensibilidad del texto como mala (1) o insatisfactoria (2), debido, por ejemplo, a problemas relacionados con el léxico.

b) Evaluación adecuada pero regulación inadecuada: En esta categoría, se incluyen los sujetos que detectan la contradicción, pero no toman medidas adecuadas de arreglo. Se distinguen las siguientes categorías:

1. Falta de regulación (FR). A veces el estudiante elige no hacer nada después de haber detectado el problema. Es consciente de la contradicción en la primera fase de la prueba, pero no subraya las oraciones contradictorias ni explica el problema.
2. Regulación inadecuada (RI). Cuando se detecta la inconsistencia el sujeto trata de explicar la contradicción haciendo alguna inferencia inadecuada.

c) *Evaluación y regulación adecuadas*: El sujeto detecta la contradicción y se señala explícitamente como un problema. Se distinguen, como en los apartados anteriores dos categorías:

1. Dificultad infravalorada (DI). El sujeto detecta el problema en la primera fase de la prueba y subraya las oraciones contradictorias y explica la dificultad. Pero la comprensibilidad del texto se considera buena (3) o muy buena (4).
2. Detección y Rechazo (DR). Este es el comportamiento deseado. Los estudiantes evalúan y regulan su comprensión adecuadamente: detectan la contradicción en la primera fase de la prueba y consideran la comprensibilidad como mala (1) o insatisfactoria (2).

De acuerdo con esta clasificación las puntuaciones asignadas en Control de la Comprensión son las siguientes:

<i>CATEGORÍA</i>	<i>PUNTUACIÓN DE COMPRESIBILIDAD OTORGADA POR EL SUJETO</i>	<i>PUNTUACIÓN ASIGNADA DE CC</i>
Conocimiento ilusorio (CI)	3-4	0-0
Dificultades básicas (DB)	3-4	1-1
Falta de regulación (FR)	4-3	2-3
Regulación inadecuada (RI)	4-3	4-5
Dificultad infravalorada (DI)	4-3	6-7
Detección y rechazo (DR)	2-1	8-9

Tabla 1. Escala de capacidad de control de la comprensión.

La escala de CC mostrada a anteriormente, en la Tabla 1, se define entonces de acuerdo con las categorías previas y la puntuación de comprensibilidad dada al párrafo. Así, un párrafo procesado de acuerdo con la categoría CI recibe la puntuación más baja posible (0), mientras que la

puntuación más alta (9) corresponde a un párrafo procesado de acuerdo con la categoría DR y con una puntuación de comprensibilidad de 1.

Cuando los sujetos leen los párrafos contradictorios no se comportan siempre de la misma manera. Por eso se calculó una puntuación de capacidad de control de la comprensión global para cada sujeto, como media de las puntuaciones que recibía para cada párrafo, de acuerdo con la Tabla 1. La escala es esencialmente la misma que la utilizada por Otero et al. (1992), y por tanto los resultados son comparables.

Cuando sea necesario se dicotomizará la puntuación en CC de modo que se diferencie el nivel de CC alto del bajo según la puntuación esté por encima o por debajo de la media global de la muestra.

2.3.2.- Test de proceso de Comprensión Lectora

El test que utilizamos para evaluar los procesos de comprensión se basa en la prueba que elaboró el *Grupo de Investigación “Aprendizaje y Comprensión de Textos”* de la Universidad de Valencia (2005), cuyo objetivo principal es diagnosticar el nivel de comprensión de los alumnos, y servir como instrumento que proporcione líneas de actuación educativa, que faciliten la intervención en este ámbito y que permita corregir las deficiencias detectadas. La prueba, se caracteriza por:

- Evaluar comprensión sin interferencia de la memoria: La prueba evita que la falta de recuerdo de la información afecte a las contestaciones. Así, a diferencia de algunos test de comprensión, en el TPC los sujetos pueden consultar el texto a voluntad para contestar las preguntas.
- Fácil aplicación: Las instrucciones para realizar la prueba son sencillas y fáciles de realizar, pues poseen un formato test conocido

por los alumnos. Además es fácil de administrar por parte del examinador, ocupando un periodo máximo de 55 minutos para su realización. De esta forma se evita que la fatiga tenga un efecto perjudicial sobre el rendimiento en la prueba.

- Fácil corrección: Poseen un formato de elección múltiple, de forma que el test puede aplicarse a un gran número de alumnos, siendo fácil su corrección.

Según las consideraciones anteriores, se ha elaborado una prueba que consta de dos textos expositivos, uno con una longitud de 548 palabras (LOS PINGÜINOS), y el otro con 469 (LOS SIOUX). A continuación de cada texto se encuentran 10 preguntas para cada texto. Las preguntas tienen un formato de tipo test con 4 alternativas de respuesta. La decisión de elegir este tipo de preguntas viene dada, por el criterio de fácil corrección mencionado antes.

En el cuadernillo que se les entregó a los alumnos, hay una hoja de instrucciones que los alumnos leen para entender bien lo que deben hacer. En estas instrucciones se recalca que:

- Deben leer primero el texto y luego contestar las preguntas. Se intenta con esta instrucción evitar que los lectores contesten a las preguntas sin leer el texto en su totalidad.
- Pueden consultar el texto siempre que lo necesiten o quieran. Se trata de evitar que los lectores contesten de memoria.
- Es importante que lean todas las alternativas de respuesta para evitar la tendencia a contestar la primera alternativa, puesto que más de una puede parecer correcta.

A fin de asegurarse de que los estudiantes han entendido el procedimiento, se practica con un texto breve de prueba (EL TITANIC) de 234 palabras seguido de dos preguntas de prueba. Se aprovecha la situación para practicar las tres recomendaciones anteriores: leer y contestar, consultar a voluntad y leer todas las alternativas antes de decidir. Como decíamos antes, es posible realizar una aplicación tanto individual como colectiva, dada las características del test.

Los criterios que se establecieron para valorar esta prueba son los que se muestran en la siguiente tabla:

	<i>CENTILES</i>											<i>ESTADÍSTICOS</i>	
	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99	Md	D.T.
5° de Primaria	2	4	5	6	7	8	9	10	12	13	18	8,35	3,56
6° de Primaria	3	6	7	8	9	10	11	12	13	15	19	10,2	3,65
1° de ESO	4	6	8	9	10	11	12	14	15	17	19	11,3	3,82
2° de ESO	5	8	9	11	12	13	14	15	16	14	19	12,7	3,61
3° de ESO	5	8	10	11	13	14	15	16	17	18	20	13,3	3,66
4° de ESO	5	10	13	14	15	16	17	18	18	19	20	15,3	3,36

Tabla 2. Percentiles en el TCL para los diferentes cursos en los que se validó el instrumento. Tomado de Grupo de Investigación (2005)

Se trata de una prueba de respuesta múltiple, en la que se estima cada acierto como un punto (+1) y cada fallo como (0). No se resta puntuación por los errores. Tras tener la puntuación, la baremación de la prueba se presenta por niveles y porcentajes en la Tabla 2. En la primera columna aparecen los niveles o cursos desde 5° de Primaria hasta 4° de E.S.O. En las restantes figuran los centiles que se corresponden con las puntuaciones directas de la prueba. En las dos últimas columnas se recogen las medias aritméticas y desviaciones típicas obtenidos en la prueba por los sujetos de los diferentes cursos.

Como se puede ver en la tabla anterior, el TCL discrimina adecuadamente entre los niños y niñas de los diferentes cursos. Además la progresión dentro de cada curso se ajusta a una distribución normal. Finalmente, el test discrimina adecuadamente entre sujetos con mejor y peor comprensión tanto en los cursos bajos como en los altos.

Según las puntuaciones obtenidas por los sujetos en la prueba, se establecieron tres niveles de TCL: alto, medio y bajo. Dentro de alto se engloban todos aquellos sujetos que alcanzaron una puntuación igual o mayor a 17. Los sujetos con puntuaciones mayores que 13 e inferiores a 17 se catalogaron como nivel medio y por último, los sujetos que obtuvieron puntuaciones por debajo de 13 se clasificaron como nivel bajo.

2.3.3.- Cuestionario de Conocimientos Previos

El cuestionario de conocimientos previos, está diseñado por nosotros al efecto de esta investigación. Es una prueba de lápiz y papel compuesta por 10 ítems con contestación múltiple. Cada ítem tiene tres opciones de respuesta de las cuales una única es verdadera. Este formato es coincidente con los dos experimentos anteriores.

El contenido de estos ítems se centraba principalmente en tres aspectos básicos:

1. *Idea de la existencia de evolución:* Dentro de esta categoría se busca la existencia de conocimiento previo acerca del hecho del cambio de las especies en sí mismas o por el contrario persiste una idea de inmutabilidad de las especies. También se pretende indagar sobre el concepto que tienen los sujetos acerca de la evolución como un mecanismo por el que los organismos de muchos linajes se han ido

haciendo más complejos. Otra idea es la existencia de objetivos en la evolución (se evoluciona con algún propósito o fin).

2. *Ideas informales Lamarckianas versus Darwinistas.* Trabajos anteriores en el área de educación científica muestran la presencia de ideas de corte lamarckiano en muchos sujetos que son usadas, en lugar de las darwinistas para explicar los hechos evolutivos en la vida diaria (en situaciones no científicas). Nosotros también hemos comprobado la presencia de este tipo ideas en población universitaria, no de ciencias (Ver Capítulo II). Las más frecuentes son las que vinculan el esfuerzo vital en ciertas tareas con cambios permanentes en los organismos. Otra idea arraigada es la del progreso, que vincula el hecho evolutivo con el perfeccionamiento de las especies.
3. *Teorías Evolucionistas (Lamarck y Darwin) y Aplicación de las Teorías.* Aquí englobamos una serie de cuestiones que preguntan entorno a los enunciados de ambas teoría evolucionistas, así como la capacidad que tienen de aplicar las teorías en ejemplos concretos.

En la tabla siguiente se muestran cada uno de los ítems junto a una explicación de la idea sobre la que se indaga. Debemos señalar que el cuestionario de CP es el mismo para ambas fases y únicamente se reestructuraron las preguntas 2, 3 y 10, con objeto de mejorar su redacción y cambiar opciones de respuesta que durante la primera fase fueron seleccionadas por muy pocos sujetos. El sentido general de la pregunta se mantuvo, no produciendo cambios en su objetivo.

<i>PREGUNTA TEST CONOCIMIENTOS PREVIOS</i>		<i>CP SOBRE EL QUE SE PREGUNTA</i>
<p>1.-La Ciencia actual defiende que:</p> <p>a.-Los seres vivos han sido siempre tal y como los conocemos hoy, sin cambiar.</p> <p>b.-Las especies surgieron todas a la vez sobre la Tierra y han ido cambiando con el tiempo.</p> <p>c.-Las especies surgieron en momentos diferentes sobre la Tierra y han cambiado con el tiempo.</p>		<p>Idea: Existencia de Evolución</p>
FASE 1	FASE 2	
<p>2.- La evolución de los seres vivos:</p> <p>a.-No tiene ningún objetivo.</p> <p>b.-Se produce con el objetivo de perfeccionar las especies.</p> <p>c.-A veces se produce con el objetivo de degradar alguna especie.</p>	<p>2.- La evolución de los seres vivos:</p> <p>a.-No tiene ningún objetivo final.</p> <p>b.-Tiene el objetivo de perfeccionar las especies.</p> <p>c.-Tiene el objetivo de perfeccionar sólo los animales, pero no las plantas.</p>	<p>Evolución teleológica: idea de Perfección como objetivo.</p>
<p>3.- Elige la opción correcta de entre las siguientes:</p> <p>a.-Con el paso de millones de años, ninguna forma de vida sobre la Tierra se ha hecho más compleja.</p> <p>b.-Tras las extinciones, las formas de vida anteriores han evolucionado para hacerse menos complejas.</p> <p>c.-Con el paso de millones de años, algunas formas de vida sobre la Tierra se han hecho más complejas.</p>	<p>3.- Con el paso de millones de años, algunas formas de vida sobre la Tierra se han hecho más complejas porque:</p> <p>a.-Estas formas de vida llevan en su naturaleza una tendencia hacia la perfección y esto exige complejidad.</p> <p>b.-La necesidad de alimentarse de seres simples obligó a desarrollar nuevas estructuras corporales.</p> <p>c.-Al aumentar su complejidad se aumentó la supervivencia y el éxito reproductivo.</p>	<p>Evolución y Complejidad</p>
<p>4.- Los seres vivos pueden llegar a ser muy diferentes de sus antecesores a causa de:</p> <p>a.-Cambios genéticos producidos por azar y que suponen ventajas reproductivas en los seres vivos.</p> <p>b.-Los esfuerzos realizados para la supervivencia durante millones de años que transforman mucho los cuerpos de los seres vivos.</p> <p>c.- Únicamente cambios corporales producidos de repente por mutaciones</p>		<p>Ideas lamarckianas vs darvinistas</p>

Tabla 3. Relación entre las ideas del test de conocimientos previos y el concepto sobre evolución que pregunta.

<p>5.- Según las teorías científicas actuales, las serpientes no tienen patas a diferencia del resto de reptiles porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> a.-Ya que necesitaban arrastrarse para obtener sus recursos vitales, no las usaron durante muchas generaciones y las perdieron. b.-Carecer de patas supuso una ventaja para la reproducción en sus hábitats naturales durante muchas generaciones. c.-Los antecesores de las serpientes actuales nunca tuvieron patas porque nunca las necesitaron en sus hábitats. 	<p>Ideas lamarckianas vs darvinistas</p>
<p>6.- Los humanos tenemos menos pelo que los otros primates porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> a.-Ya no lo necesitamos para protegernos del frío, lo cual atrofia sus raíces generación tras generación. b.-Ha supuesto una ventaja reproductiva perder pelo, y esa energía se emplea en otras funciones c.-Por accidente, radiaciones en el ambiente produjeron pérdida de pelo de todos los homínidos. 	<p>Ideas lamarckianas vs darvinistas</p>
<p>7.- Según la teoría evolucionista de Lamarck, las jirafas actuales tienen el cuello largo a causa de:</p> <ul style="list-style-type: none"> a.-Modificaciones surgidas por azar en los genes que favorecieron a los individuos de cuello más largo en la reproducción durante muchas generaciones. b.-Continuos estiramientos al esforzarse en alcanzar las hojas tiernas de lo alto de ciertos árboles para la supervivencia, que se repiten generación tras generación. c.-Descienden de especies ancestrales de dinosaurios que ya tenían el cuello largo. 	<p>Conocimiento Teoría de Lamarck</p>
<p>8.- La idea de la “Selección Natural” de Darwin consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> a.-Los individuos mejor adaptados de cada grupo de seres vivos son los que más se reproducen. b.-Los machos y hembras con mayor potencia muscular son siempre los que sobreviven. c.-Los individuos peor adaptados mueren a causa de catástrofes naturales periódicas. 	<p>Conocimiento Teoría de Darwin</p>
<p>9.- La teoría evolucionista de Lamarck consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> a.-La herencia de caracteres adquiridos por cambios catastróficos en el medio. b.-La herencia de características producidas por cambios genéticos. c.- La herencia de caracteres adquiridos en vida por causa del uso o desuso de los órganos 	<p>Conocimiento Teoría de Lamarck</p>

Tabla 3 (cont.). Relación entre las ideas del test de conocimientos previos y el concepto sobre evolución que pregunta.

FASE 1	FASE 2	Conocimiento Teoría de Darwin.
10.- Tres elementos fundamentales de la Teoría Evolucionista propuesta por Darwin son: a.- Variabilidad en los individuos, lucha por los limitados recursos, mayor reproducción del mejor adaptado. b.- Variabilidad en los individuos, esfuerzo en las actividades vitales y necesidad de sobrevivir. c.- Mutación de los genes, aislamiento reproductivo y deseo de progreso.	10.- Según la teoría evolucionista de Darwin, los mamíferos marinos (delfines, ballenas, focas, etc) tienen patas en forma de aletas porque: a.- Los individuos que, por azar, surgieron con patas parecidas a aletas, nadaban más rápido y lograron dejar más descendencia durante muchas generaciones. b.- Sus antepasados realizaban continuos esfuerzos por nadar cada vez más rápido para alimentarse en el mar, durante muchas generaciones. c.- Siempre han vivido en el agua y por tanto, no han necesitado andar.	

Tabla 3 (cont.). Relación entre las ideas del test de conocimientos previos y el concepto sobre evolución que pregunta.

El test de conocimientos previos es una prueba de opción múltiple con tres opciones, en la que sólo una de ellas es correcta. De este modo se puntúa cada respuesta acertada con (+1) y cada respuesta errónea con (0) no restando puntuación al fallar las preguntas. Esta valoración nos permitirá clasificar a los sujetos en alto CP y bajo CP. El cuestionario de CP, tal y como se presentó a los sujetos en ambas fases, pueden verse en los Anexos III y IV.

También se establecieron unos criterios por los cuales un sujeto era clasificado como ‘Lamarckiano’ o ‘No-Lamarckiano’, en función de la cantidad de opciones compatibles con las ideas de Lamarck seleccionadas en el test. Como puede observarse en la Tabla 3, para la fase 1 las preguntas que se asocian a ideas de tipo lamarckiano sobre la evolución de las especies, son cinco en total y se corresponden con las respuestas 2a o 2c, 4a, 5a, 6b y 7b.

Se estableció que aquellos sujetos que diesen como respuesta cuatro de las anteriores, poseen concepciones epistemológicas lamarckianas sobre la evolución de las especies, lo que permite identificar un factor adicional que puede influir en el procesamiento tanto del texto como de las preguntas en la prueba de comprensión.

Para el caso de la fase dos, las concepciones lamarckianas se asocian con las respuestas 2b o 2c, 3a, 4b, 5a, 6a, 7b, 10b. Entendiendo que aquellos sujetos que seleccionasen al menos cuatro de las siete respuestas anteriores poseen concepciones lamarckianas sobre la evolución y sus mecanismos.

Esta clasificación nos permitirá, no sólo discriminar en función de su nivel de conocimientos previos sobre el tema, sino indagar sobre el tipo de concepción que poseen, facilitando un análisis más profundo de las preguntas en la prueba de comprensión.

2.3.4.- Elaboración del texto experimental

Debido a que los dos experimentos anteriores ya probaron que los cambios efectuados en el texto original producen mejoras en la comprensión global de los estudiantes, según los objetivos propios de este experimento se decidió utilizar únicamente una versión textual experimental, diseñada a efectos de maximizar las diferencias entre sujetos según las variables independientes. Los estudiantes que participaron en el experimento debían estudiar un texto experimental elaborado ex profeso presentado en una página sobre la temática: La Evolución de las Especies y tenían la posibilidad de consultarlo durante la respuesta a las preguntas de comprensión. Dicho texto contenía información pertinente para contestar a las preguntas de comprensión que le seguían.

La información incluida en el texto se estructuraba según tres ejes fundamentales:

1. Idea de qué es la Evolución.
2. La Teoría Evolucionista de Lamarck.
3. La Teoría Evolucionista de Darwin.

Inmersos en el estudio de las estrategias que utilizan los estudiantes para comprender textos científicos, al diseñar el texto nos planteamos dos objetivos fundamentales:

- 1) Procurar el aprendizaje de la evolución y su mecanismo a través de un texto científico.
- 2) Optimizar, gracias a su estructura, la discriminación entre dos tipos de sujetos según sus niveles de comprensión lectora y control de la comprensión.

Para lograr el primer objetivo, el texto consta de una breve introducción sobre el hecho evolutivo y sobre el propósito de las teorías evolucionistas. Después se exponen las ideas evolucionistas básicas de Lamarck, con dos ejemplos, para ilustrar cómo este científico explicaba el cambio en las especies. Al final de esta sección se dice explícitamente en una frase aparte (párrafo diferente) que esta teoría se considera falsa por los científicos actuales. La siguiente y última sección está dedicada a exponer la Teoría darwinista de Selección Natural de un modo sencillo, utilizando también un caso bien explicado para ejemplificar la teoría. La sección comienza diciendo que esta es la teoría actualmente admitida como válida por los científicos.

El segundo objetivo se pretende alcanzar mediante la inclusión de frases y palabras clave en la sección dedicada a Lamarck, que van a aparecer también en algunas de las cuestiones de la prueba final de comprensión, pero no van a ser mencionadas en la sección dedicada a Darwin. La intención es derivar la atención de los sujetos que procesan de un modo superficial (bajo nivel de CL) hacia segmentos de información del texto no pertinentes para responder,

correctamente estas cuestiones. De este modo, se espera que los sujetos que procesan palabras o frases aisladas construyan su respuesta utilizando las ideas lamarckianas, a pesar de que las preguntas incluirán una llamada a contestar correctamente y el texto, como hemos dicho antes, dice explícitamente que las ideas lamarckianas son consideradas incorrectas. Las ideas lamarckianas serán controladas desde el principio para eliminar efectos sobre las respuestas de los esquemas de conocimiento previo, no modificados por el texto. Asimismo, esperamos que los sujetos que procesan ideas y conjuntos de ideas interconectadas, no se dejen llevar por estas marcas superficiales y den respuestas (parciales o completas) darvinistas.

En el diseño definitivo del texto, se introdujeron una serie de mejoras fruto del estudio piloto de validación, realizado durante una primera fase del experimento. En el texto original, aparecían fragmentos que posteriormente fueron modificados. En la tabla 4, mostramos los fragmentos que aparecían en el texto de la fase 1 y cómo quedaron para la fase 2. Esta reestructuración se fundamenta en la necesidad de mejorar el funcionamiento del texto dentro del marco de la investigación y ajustarlo de la mejor forma posible a los objetivos planteados. Tras la fase uno, para el caso de la explicación de la teoría darvinista, comprobamos que: eran muy pocos los sujetos que contestaban de manera completa a las preguntas referidas a los mecanismos darvinistas de la evolución (Ver apartado de Resultados).

Las puntuaciones excesivamente bajas a estas preguntas implican que el texto no funcionaba correctamente en esta parte y no producía un nivel de aprendizaje suficiente. De esta forma, se decidió ofrecer a los sujetos un texto más compacto, eliminando el fragmento de definición, a la vez que se apoyasen las explicaciones de la teoría darviniana con un ejemplo más cercano y más sencillo como es el de las garzas. A través de este nuevo ejemplo se

pretendía mejorar las relaciones entre las ideas generales expuestas en el texto y el caso particular, otorgando al sujeto la oportunidad de elaborar mejor la información después necesaria para contestar correctamente a una de las preguntas de cuestionario final de comprensión.

El texto utilizado en la segunda fase del experimento contiene un total de 555 palabras dividido en 40 nodos-unidad y se mostró en una única página.

Como puede verse en la tabla 4, en la que tenemos el texto final, existe una clara separación en el texto entre las dos teorías evolutivas que se incluyen (Lamarck y Darwin) de manera que se potencia la posibilidad de visualizar qué parte del texto es consultado por los sujetos en la prueba de comprensión. Sin embargo, las respuestas a las cuestiones diseñadas para discriminar entre sujetos de procesamiento profundo y superficial (cuestiones inferenciales de respuesta no inmediata, no intuitiva), están claramente vinculadas a una y otra sección y son, por tanto, bien correctas (parcialmente o totalmente) mencionando ideas darvinistas, bien erróneas vinculadas a ideas lamarckianas.

Las ideas que presenta el texto se muestran en la tabla siguiente

<i>NODOS PERTENECIENTES AL TEXTO UTILIZADO</i>	<i>Nº</i>
Mediante teorías de Evolución los científicos intentan explicar el origen de todos los seres vivos	1
y el modo en que han ido cambiando con el tiempo,	2
emparentando unos con otros por medio de la herencia de sus características.	3
La primera teoría de evolución la formuló Lamarck en 1800.	4
Con el fin de explicar por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas,	5
Lamarck ordenó linealmente los animales desde los más simples (bacterias, gusanos e insectos) hasta los más complejos y perfectos (mamíferos y humanos).	6
Concluyó que algunos animales evolucionan hacia la complejidad	7
porque llevan en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección.	8
Lamarck explicó por qué los seres vivos actuales son diferentes de sus antecesores así:	9
los seres vivos realizan esfuerzos por sobrevivir y.	10
esto provoca pequeños cambios corporales que se pueden heredar	11
El uso continuado de un órgano hace que éste se fortalezca y desarrolle.	12
La falta de uso continuado de un órgano lo debilita y atrofia.	13
Esta clase de cambios corporales los heredan los descendientes	14
y se acumulan de generación en generación haciéndose grandes.	15
Por ejemplo, los gorilas actuales son diferentes de sus antecesores porque no tienen cola.	16
Al vivir en el suelo ya no usan la cola para sujetarse a los árboles.	17
Por ello se ha ido debilitando (atrofiando) poco a poco.	18
Los pequeños cambios en la cola se heredan y	19
se acumulan durante generaciones:	20
la cola es cada generación más débil y pequeña	21
hasta que, finalmente, desaparece.	22

Los científicos han abandonado esta teoría por ser errónea.	23
La teoría admitida como correcta por los científicos es la de “Selección Natural” y	24
la propuso Darwin a mediados del siglo XIX.	25
Darwin descubrió que los individuos de cada grupo nacen por azar con características que los diferencian de los demás (Variabilidad).	26
Estas diferencias se forman en los genes, bien durante la reproducción sexual, o bien, muy raramente, por mutaciones.	27
Algunos cambios genéticos son ventajosos y otros desfavorables.	28
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.	29
Los descendientes heredan la ventaja. Generación tras generación, cada vez hay más individuos con la característica favorable y el resto va desapareciendo.	30
Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies.	31
Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas.	32
Un ejemplo lo constituyen las garzas que habitan zonas húmedas.	33
La garzas actuales poseen unas patas muy largas que les permiten alimentarse en zonas profundas de las lagunas, pero sus antepasados carecían de éstas.	34
En la población antepasada existía variabilidad en cuanto a la longitud de las patas.	35
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.	36
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.	37
Estas garzas, mejor alimentadas que el resto, vivieron más tiempo y dejaron más descendientes que las otras garzas de patas más cortas.	38
Muchos de estos descendientes heredaron las patas largas y también tuvieron ventaja.	39
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.	40

Tabla 4. Ideas segmentadas del texto experimental definitivo

2.3.5.- Prueba de Comprensión

Para evaluar el grado de comprensión y aprendizaje logrado por los sujetos tras la lectura del texto, se utilizó un cuestionario con preguntas abiertas, que nos permitiese evidenciar los distintos procesos que el sujeto activa al procesar el texto. En la fase uno se diseñaron dos cuestionarios con cinco preguntas cada uno conteniendo cuestiones de alto nivel de dificultad (inferenciales) que obligan al sujeto a releer el texto y hacer inferencias y preguntas de bajo nivel, en las que las respuestas aparecen explicitadas y la información necesaria para responder se encuentra en unidades consecutivas o de forma literal en una sola unidad. A partir de los resultados, seleccionamos las preguntas inferenciales que funcionaron de un modo razonable, reelaboramos una de ellas y prescindimos del resto, de modo que elaboramos un único cuestionario de comprensión con cuatro preguntas: una literal (pregunta 1) y tres inferenciales.

De entre las inferenciales, dos de ellas (preguntas 2 y 3) que llamaremos “preguntas inferenciales diana” se diseñaron para provocar diferencias radicales en las respuestas para sujetos de procesamiento superficial o profundo, y la última (pregunta 4) para medir el nivel de comprensión de las ideas darvinistas de un modo directo.

La ‘manipulación’ de las preguntas 2 y 3 es la siguiente: en los enunciados aparecen palabras y frases idénticas a las que aparecen literalmente en el texto dentro de nodos claramente no pertinentes para su respuesta correcta (sección correspondiente a las ideas de Lamarck). Pero estas mismas palabras y frases no aparecen mencionadas en los nodos necesarios para contestar correctamente (sección de ideas de Darwin). De este modo, los sujetos que procesan superficialmente pueden considerar que los nodos pertinentes para construir la respuesta son, precisamente, los erróneos, mientras los sujetos de

procesamiento profundo acudirán a los significados, recuperarán la información de que las ideas de Lamarck se consideran erróneas, y elaborarán la respuesta mediante una cadena de inferencias.

En cuanto a las preguntas inferenciales de ambas fases, buscan simplemente que el sujeto localice e integre información entre ideas separadas pero claramente asociadas a una de las secciones del texto, logrando elaborar una idea nueva. Para ello el sujeto debe ser capaz de seleccionar la información pertinente, lo cual no está dificultado en el diseño de estas preguntas.

A continuación detallaremos cada pregunta. Comenzaremos por la primera fase a la que hemos llamado “Estudio Piloto de Validación” para después comentar la segunda fase compuesta por cuatro preguntas.

FASE PRIMERA: El *Estudio Piloto de Validación* englobaba los siguientes objetivos fundamentales:

1. Validar el texto experimental y las preguntas, tanto de CP como de comprensión.
2. Comprobar que el texto era suficientemente bien comprendido, al menos en su información básica, y producía un aprendizaje suficiente para poder ser valorado como éticamente aceptable.
3. Comprobar si los alumnos de 4º de ESO podían entender las instrucciones de la prueba.
4. Identificar la aparición de dificultades en la comprensión de la demanda de cada pregunta.
5. Estudiar el efecto de los distractores en las preguntas de CP.

6. Valorar la adecuación de las cuestiones de comprensión final a: las posibilidades de los estudiantes, al texto experimental y a los objetivos del experimento.

En esta fase 1 disponíamos de 2 cuestionarios, con 5 preguntas cada uno (dos preguntas literales, dos inferenciales diana y una inferencial, ver Anexo VI). El contenido de cada cuestionario lo detallamos ahora, según el tipo de pregunta:

Preguntas Literales: Las preguntas literales eran comunes para ambos cuestionarios, siendo su contenido como sigue:

Pregunta 1. ¿Qué intentan explicar los científicos con las Teorías de Evolución?

Se trata de una pregunta de baja dificultad, en la que toda la información necesaria para responder se encuentra reflejada en el texto de forma literal. El sujeto no necesita realizar ningún tipo de inferencia ni elaboración, resumen o interpretación alguna.

Las ideas relacionadas con la respuesta a esta pregunta que aparecen en el texto son:

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

Por tanto, una respuesta correcta completa sería: *Las teorías de Evolución 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.

Como puede verse las premisas de la pregunta son explícitas y el sujeto debe, únicamente conectar las ideas consecutivas del texto. El criterio normativo de corrección para esta pregunta queda tal y como se muestra en la tabla siguiente.

<i>IDEA FUNDAMENTAL</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
1.- el origen de los (diferentes tipos de) seres vivos	0,4
2.- el modo en que han ido cambiando con el tiempo los diferentes tipos de seres vivos/las especies/	0,4
3.- emparentando unos con otros por medio de la herencia de sus características.	0,2
	Total: 1

Tabla 5. Criterios de corrección para la pregunta 1

A continuación, mostraremos dos ejemplos de respuestas reales de los sujetos en los que podremos apreciar cómo aplicamos los criterios anteriores

- Ejemplo 1: “*Explican el origen de los diferentes tipos de seres vivos y el modo en el que han ido cambiando, emparentando unos con otros por medio de la herencia de sus características*” Este sujeto realiza una respuesta tipo correcta completa (se puntúa con un 1) detectando perfectamente la relación entre la demanda y la información textual.

- Ejemplo 2: *“Intentan explicar el origen de las especies y por qué son tan diferentes de sus antecesores”* Esta es una respuesta en la que los sujetos reelaboran la información y produce dificultades de evaluar. Cada respuesta de este tipo se estudió en profundidad, analizando cada parte de la misma. En este ejemplo en concreto, se interpretó el término “especies” como equivalente de “ser vivo”, así como el caso de “por qué son tan diferentes” lo extrapolamos a la idea del modo en el que cambian. Por otro lado, no especifica nada acerca de la transmisión de caracteres, por lo que este apartado no fue contabilizado, obteniendo una puntuación final de 0,8

Pregunta 2.- ¿Qué quiere decir “Selección Natural”?

Al igual que la anterior, el objetivo de esta pregunta, se centra en un único concepto y requiere un procesamiento superficial del texto (nivel léxico o semántico). Aunque requiere una activación del conocimiento del sujeto, no facilita que el sujeto realice inferencias o reestructure su conocimiento previo. Las ideas necesarias para responder correctamente son:

19. *La teoría admitida como correcta por los científicos es la de “Selección Natural” y la propuso Darwin a mediados del siglo XIX.*
20. *Defendía la “Selección Natural”: en cada grupo de seres vivos la naturaleza selecciona a los mejores individuos para la reproducción.*

La demanda de esta pregunta literal “¿Qué quiere decir...?” Conecta con la idea de ¿En que consiste...? O ¿Qué es...? Un sujeto debe enlazar esta idea con las unidades 19 y 20 (recordemos que esta numeración corresponde con el texto de la Fase 1), y dado que pueden consultar libremente el texto al responder, mediante la unión de ambas ideas, el sujeto puede elaborar la respuesta copiando textualmente.

Una respuesta correcta quedaría de la siguiente forma: *En cada grupo de seres vivos la naturaleza selecciona a los mejores individuos para la reproducción.*

Como puede observarse, se trata de una pregunta de baja dificultad, dado que al igual que la anterior, la demanda aparece explicitada en el texto y recordemos que los sujetos pueden consultarlo tantas veces como deseen, lo que permite una respuesta literal. Se establecieron unos criterios de corrección en función de las ideas del texto. Las puntuaciones se muestran en la siguiente tabla:

<i>IDEA FUNDAMENTAL</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
1.- Que <u>en cada grupo</u> /en cada población <u>de seres vivos</u> <u>la naturaleza</u> selecciona a los mejores individuos <u>para la reproducción</u> .	1
B- No nombra ‘ <i>en cada grupo de seres vivos</i> ’.	Resta 0,3
C- No nombra ‘ <i>para la reproducción</i> ’.	Resta 0,6
D- No nombra ‘ <i>la Naturaleza</i> ’	Resta 0,6
E.-No nombra ‘ <i>los mejores</i> ’	Resta 0,8

Tabla 6. Criterios de corrección pregunta 2

Se estipuló que si en lugar de hablar de grupo comentan la selección por especie o ser vivo, también era correcta. Además las restas eran acumulativas en función de la idea ausente.

Por supuesto, también en las preguntas literales se admiten escrituras diferentes que preserven el significado de las ideas.

Al igual que en la pregunta anterior, mostraremos dos ejemplos reales de respuesta:

- Ejemplo 1: “*La naturaleza selecciona a los mejores individuos para la reproducción en cada especie*” Contempla la totalidad de la idea que se buscaba, aunque podría matizarse que en cada especie, no se considera grupo, no se quiso ser tan estricto en el criterio dando por buena la idea global. Por tanto, este sujeto se puntúa como (1)

- Ejemplo 2: Las respuestas con poca puntuación fueron estudiadas con detalle, así por ejemplo, para el caso de: *“La selección de individuos mejor dotados para la reproducción, cada individuo tiene cosas mejores y peores, pues se escogen las mejores; como la habilidad, la astucia, etc.”*. Se trata de una respuesta parcial, en la que no se especifica quién hace la selección, falta el término naturaleza, por lo que se le resta 0,6 a la puntuación. Tampoco habla de cada grupo, específicamente, aunque subyace una idea del mejor entre todos. Finalmente, se decidió no puntuar esta idea, pues en la redacción no aparece la relación de entre cada grupo o entre cada especie, por lo que el sujeto puntúa con (0,1).

Preguntas Inferenciales Diana. Su objetivo es lograr discriminar entre los sujetos con un buen procesamiento de la información y aquellos que realizan un procesamiento superficial (léxico, palabras o semántico, proposiciones aisladas; en todo caso, aquellos que no construyen un buen Modelo de la Situación formado por conjuntos de ideas interconectadas), mediante la inclusión de palabras clave y frases literales idénticas a algunas del texto. Las preguntas diana, eran diferentes para los dos cuestionarios de la fase uno:

En el Cuestionario Fase 1, tenemos las siguientes preguntas:

Pregunta 3.- Explica correctamente cómo es posible que unos seres vivos sean muy diferentes de sus antecesores.

Comenzaremos explicando las inferencias necesarias para conectar el texto de la pregunta con la información textual:

En primer lugar “*Explica correctamente cómo es posible..?*” indica “*la manera aceptada según las teorías actuales del mecanismo por el cual..?*” o lo que es lo mismo, *la forma aceptada por los científicos por la que se produce la evolución en las especies*. Por lo que nos encontraríamos frente a dos posibilidades (superficial o profundo), en función del procesamiento de la pregunta.

A través de un procesamiento superficial, el sujeto puede detectar que en la primera parte del texto, en la que se expone la teoría de Lamarck, aparece de manera explícita una frase cuya formulación léxica coincide casi totalmente con la de la pregunta; a continuación se ofrece una explicación (la de Lamarck) sobre el mecanismo.

Concretamente ello se recoge en las unidades siguientes: (en negrita las palabras coincidentes con la pregunta o del mismo campo semántico):

9. ***Lamarck explicó por qué los seres vivos actuales son diferentes de sus antecesores así:***

10. *los seres vivos realizan esfuerzos por sobrevivir y*

11. *esto provoca pequeños cambios corporales que se pueden heredar.*

12. *El uso continuado de un órgano hace que éste se fortalezca y desarrolle.*

13. *La falta de uso continuado de un órgano lo debilita y atrofia.*

14. *Esta clase de cambios corporales los heredan los descendientes*

15. *y se acumulan de generación en generación haciéndose grandes.*

Si el sujeto procesa superficialmente y no es capaz de vincular la idea 23: *“Los científicos han abandonado esta teoría por ser errónea”* con este grupo de ideas es muy fácil convertir la respuesta a la pregunta en literal, simplemente copiando las ideas anteriores. Obviamente, se trataría de una respuesta errónea.

El proceso que debe producirse en un sujeto que procesa en profundidad el texto, para construir una respuesta correcta es parecido al siguiente:

- 1) Identificar la idea “explica correctamente” con la idea 24. *“La teoría admitida como correcta por los científicos es la de “Selección Natural y”*; dirigiendo al sujeto a realizar la búsqueda de información pertinente para la respuesta en las unidades textuales siguientes a la dicha unidad.
- 2) Seguidamente, cuando la pregunta presenta: “... seres vivos diferentes de sus antecesores” el sujeto debe comprender la similitud con parte de la 26 *“...individuos de cada grupo nacen por azar con características que los diferencian de los demás”*, o bien con parte de la 31 *“Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies”* o con parte del nodo 32 *“Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas”* que son ideas textuales que aparecen en la sección correspondiente a Darwin.
- 3) Encontrar y re-procesar juntas las siguientes unidades del texto:
 - 27 *“Estas diferencias se forman en los genes, bien durante la reproducción sexual, o bien, muy raramente, por mutaciones.”*
 28. *“Algunos cambios genéticos son ventajosos y otros desfavorables.”*

29. *“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.”*
 30. *“Los descendientes heredan la ventaja. Generación tras generación, cada vez hay más individuos con la característica favorable y el resto va desapareciendo.”*
 31. *“Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies.”*
 32. *“Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas.”*
- 4) Inferir que los seres vivos llegan a ser muy diferentes de sus antecesores *“porque se acumulan cambios que surgen al azar en los genes y que suponen una ventaja para la reproducción de los individuos que los poseen”*

Como puede observarse, se trata de una pregunta inferencial con un alto nivel de dificultad porque construir una respuesta exige mantener en la memoria de trabajo varias ideas del texto al mismo tiempo y sintetizar las ideas relevantes como resumen. Todo ello una vez atendido el hecho de que la explicación correcta está contenida en la teoría de Darwin y no en la de Lamarck.

El criterio de corrección para esta pregunta, quedó tal y como se muestra en la tabla siguiente:

<i>IDEA FUNDAMENTAL</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
1.- Existencia de Variabilidad en las Especies. Origen a partir de las mutaciones que de manera espontánea se produce en el DNA de los individuos.	Puntuación Total: 0,75
2.-Herencia y Ventaja/Desventaja 2a.- Entre la variabilidad existente, unos individuos presentaran alguna diferencia que les otorga una ventaja y son seleccionados de forma natural, mientras que otros no. 2b.- Estos individuos sobreviven más tiempo que el resto, se reproducen más favorablemente y dejan más descendientes transmitiendo las características mediante los genes durante el proceso de reproducción.	Puntuación Total: 0,25 0,15 0,10
	Puntuación Total: 1

Tabla 7. Puntuación para la pregunta 3

Dado que se trata de una pregunta inferencial diana, todas aquellas respuestas que diesen una explicación lamarckiana se puntúan con (0).

La aplicación del criterio de corrección anterior, fue consensuada en función del tipo de respuesta, sirvan como ejemplo los siguientes:

- Ejemplo 1: *“Por azar nace un individuo con características que lo diferencian de los demás. Si éstas es ventajosa, tendrá mayor reproducción y esa característica se difundirá rápidamente, lo que provocará que se diferencien de sus antecesores”*. Recoge, aunque de manera parcial y algo imprecisa, las dos ideas principales que debe presentar la respuesta y no se deja seducir por la información literal no pertinente. A esta respuesta se puntuó al sujeto con un (1)
- Ejemplo 2: *“Lamarck según los científicos se equivocaba, ahora la explicación correcta sería: Los individuos de cada grupo nacen por*

azar con pequeñas diferencias en sus características que hacen a unos más rápido, estas diferencias se forman en los genes, bien en la reproducción sexual o raramente mediante mutaciones.” Se trata de una respuesta parcial, en la que se menciona únicamente una parte, no explicando la herencia, ni que estos seres se reproducen más, por lo que este sujeto obtuvo (0,75) de puntuación final en esta pregunta.

Pregunta 4.-¿Cómo explicarían los científicos evolucionistas anteriores a Darwin que los mamíferos marinos actuales, delfines y ballenas, posean aletas como los peces que les permiten nadar muy bien, a diferencia del resto de mamíferos que no viven en entornos naturales no acuáticos?

En esta pregunta se alude directamente y de forma literal a un ejemplo utilizado para ilustrar la teoría de Darwin. Por eso, los sujetos que procesan superficialmente pueden soslayar la parte del enunciado que dice: “... científicos evolucionistas anteriores a Darwin...” y atender únicamente al núcleo de la situación cuya explicación se demanda: “...mamíferos marinos actuales...poseen aletas....a diferencia de los no acuáticos”.

Entonces, estos sujetos se limitarán a integrar la segunda parte de la pregunta, encontrarán en el texto directamente la sección en la que se explica el ejemplo con los mamíferos marinos y redactarán la respuesta a partir de estas ideas textuales consecutivas. Estas ideas en el texto, utilizado en la fase 1, eran:

28. Un ejemplo de adaptación al medio lo constituyen los mamíferos marinos actuales, delfines y ballenas, que poseen aletas como los peces y pueden nadar muy bien, pero sus antepasados no las

poseían, ni tampoco el resto de mamíferos que no viven en entornos naturales acuáticos.

30. *En algún momento, los antepasados de estos animales colonizaron ambientes marinos para intentar conseguir alimento.*
31. *En épocas de escasez los individuos que, por azar, nacieran con modificaciones genéticas que favorecieran la natación (por ejemplo, un crecimiento de la piel entre los dedos a modo de membrana natatoria como la de las ranas y los patos)*
32. *tendrían mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse, mientras el resto desaparecería poco a poco.*
33. *El ambiente marino favorece continuamente a los mejores nadadores y, por tanto, muchos pequeños cambios se acumularon hasta hacerse muy grandes: las patas originales se transformaron finalmente en aletas.*

El diseño de la pregunta buscaba que un sujeto de procesamiento profundo procesase de la siguiente forma:

- 1) En primer lugar la demanda “*científicos evolucionistas anteriores a Darwin*” y se dirigiese a la parte del texto anterior en orden de lectura no-darvinista, en la que se encuentra 4: *La primera teoría de evolución la formuló Lamarck en 1800*. El sujeto puede constatar que Lamarck es anterior a Darwin si mantiene en su memoria de trabajo esta premisa junto con “... ‘*Selección Natural*’ y la propuso Darwin a mediados del siglo XIX”. A continuación este sujeto encontrará una explicación del mecanismo lamarckiano de la evolución. Debemos

señalar que en esta parte del texto, no existe referencia alguna a los mamíferos marinos ni al modo en el que han evolucionado.

2) Después debe procesar conjuntamente las ideas del texto:

10. *los seres vivos realizan esfuerzos por sobrevivir*

11. *esto provoca pequeños cambios corporales que se pueden heredar.*

12. *El uso continuado de un órgano hace que éste se fortalezca y desarrolle.*

13. *La falta de uso continuado de un órgano lo debilita y atrofia.*

14. *Esta clase de cambios corporales los heredan los descendientes*

15 *y se acumulan de generación en generación haciéndose grandes.*

3) Mediante las ideas anteriores, se puede construir una respuesta correcta a través de una inferencia:

“Al intentar vivir en el agua, los antecesores de los mamíferos marinos realizaron esfuerzos continuados por nadar con sus patas El uso continuado de las patas para nadar hizo que se fortalecieran y desarrollaran los rasgos propios de la natación Estos cambios los heredaron los descendientes y con el paso de generaciones las patas acabaron pareciéndose a las aletas.”

4) Existe otra opción para dar una respuesta correcta y es: realizar una analogía a partir del ejemplo de los gorilas. Obviamente, el sujeto debe activar su CP para hacer corresponder “gorilas” con “mamíferos marinos” y “cola” con “aletas”. El texto dice:

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

De esta forma una respuesta correcta también podría ser:

- 1.- *“Los mamíferos marinos al vivir en el agua ya no usaban las patas para andar y finalmente desaparecen”*
- 2.- *“ y al usarlas para nadar se transformaron finalmente en aletas. Estos cambios los heredaron las siguientes generaciones.”*

Se establecieron los criterios de corrección tal y como se muestran en la siguiente tabla:

<i>IDEA FUNDAMENTAL</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
A.- Evolución con Intención de Progreso	0,25
B.- Ley de USO/DESUSO del órgano	0,50
C.- Herencia caracteres adquiridos.	0,25
	Puntuación Total: 1

Tabla 8. Puntuación en la pregunta 4.

Mostraremos dos respuestas a modo de ejemplo de la forma en la que empleamos los criterios:

- Ejemplo 1: *“porque no es su medio y no tiene porque estar adaptado a algo que no va a usar, no eran individuos complejos”* Este tipo de respuestas incompletas, ambiguas y poco específicas era bastante común en esta pregunta, lo que conllevó dificultades de interpretación. En este tipo de respuestas, en todo momento, se intentó valorar si cada una de las ideas que hay en la respuesta se puede asociar o no a los criterios establecidos, aunque no fuese de forma explícita. En este caso la primera idea “porque no es su medio” y la última “no eran individuos complejos” son irrelevante por sí mismas y carecen de importancia para responder correctamente, por lo que siempre que aparecen este tipo de ideas, se descartan y no son valoradas en ningún sentido. Cuando contesta “no tiene por qué estar adaptado a algo que no va a usar” suponemos que se refiere a los mamíferos no acuáticos de los que habla la pregunta. Sin embargo, subyace una idea de uso/desuso, es decir: no usan, no adaptado por tanto no aparece el órgano. Al tratarse de una pregunta ambigua, no explica correctamente el mecanismo lamarckiano. El sujeto posee la idea que en el medio acuático se usan las extremidades para nadar, por lo que el órgano se hace, se necesita y por tanto aparece. Dada la dificultad de puntuar completamente la respuesta, por su ambigüedad y no dar datos de la segunda parte del mecanismo evolutivo, de forma unánime se establece una puntuación de 0,25 para esta pregunta.
- Ejemplo 2: *“Al nadar tanto por el agua, dejarían de usar las patas y a lo largo de las generaciones, éstas se atrofiarían y desaparecerían. Las aletas surgieron porque necesitaban una manera para poder*

nadar y adquirieron las aletas y esa característica se pasaría a la siguiente generación” En este caso el sujeto aplica correctamente la teoría lamarckiana del mecanismo evolutivo. En esta respuesta aparece tanto la intencionalidad de cambiar, el uso del órgano y desuso del que no necesita y por último la transmisión de los caracteres adquiridos. Este sujeto obtuvo un (1).

Para el Cuestionario 2, tenemos las siguientes preguntas inferenciales diana:

Pregunta 3.- Explica correctamente y con claridad, por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas.

Comenzaremos explicando, las inferencias necesarias para conectar el texto de la pregunta con el texto:

En primer lugar “*Explica correctamente y con claridad..?*” Indica la forma aceptada por los científicos por la que se produce el aumento de complejidad en algunas especies. Nos encontramos frente a dos posibilidades, en función del procesamiento de la pregunta.

A través de un procesamiento superficial, el sujeto puede detectar que en la primera parte del texto en la que se expone la teoría de Lamarck aparecen de manera explícita, una frase cuya formulación léxica coincide casi totalmente con la de la pregunta. Concretamente ello se recoge en las unidades (en negrita las palabras coincidentes con la pregunta o del mismo campo semántico):

5. *Con el fin de explicar por qué **algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas.***

6. *Lamarck ordenó linealmente los animales desde los más simples (bacterias, gusanos e insectos) hasta los más complejos y perfectos (mamíferos y humanos).*

7. *Concluyó que algunos animales evolucionan hacia la complejidad*

8. *porque llevan en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección.*

Si el sujeto procesa superficialmente y no es capaz de vincular la idea 23: *Los científicos han abandonado esta teoría por ser errónea* con este grupo de ideas es muy fácil convertir la respuesta a la pregunta en literal, simplemente copiando estas tres unidades. Obviamente, se trataría de una respuesta errónea.

El proceso que debe producirse en un sujeto que procesa en profundidad el texto para construir una respuesta correcta es parecido al siguiente:

- 1) Identificar la idea “explica correctamente” con la unidad 24. *La teoría admitida como correcta por los científicos es la de “Selección Natural”*; dirigiendo al sujeto a realizar la búsqueda de información pertinente para la respuesta en las unidades textuales siguientes a la 24.
- 2) Seguidamente, cuando la pregunta presenta: “... *formas de vida más compleja*” el sujeto debe comprender la similitud con parte de la 26 “...*individuos de cada grupo nacen por azar con características que los diferencian de los demás*”, o bien con parte de la 28 “*algunos cambios genéticos son ventajosos (...)*”y con parte de la 32 “*Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas*” que son ideas textuales que aparecen en la sección correspondiente a Darwin.
- 3) Encontrar y re-procesar juntas las siguientes unidades del texto:

27. *Estas diferencias se forman en los genes, bien durante la reproducción sexual, o bien, muy raramente, por mutaciones.*
28. *Algunos cambios genéticos son ventajosos y otros desfavorables.*
29. *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.*
30. *Los descendientes heredan la ventaja. Generación tras generación, cada vez hay más individuos con la característica favorable y el resto va desapareciendo.*
31. *Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies.*

4) Inferir que algunas formas de vida llegan a ser más complejas por desde la idea expuesta en el nodo 32. *“Esta acumulación puede crear estructuras anatómicas nuevas.”*

Los criterios de corrección establecidos para esta pregunta son muy similares a la pregunta 3 del cuestionario 1, por lo que únicamente cambia la idea referente al aumento de complejidad en algunas especies, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

<i>IDEA FUNDAMENTAL</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
1.- Existencia de Variabilidad en las Especies:	0,75
2.- Cambios en el Medio-Ventaja/Desventaja 2.1.- Herencia de los Cambios. 2.2.- Desarrollo de estructuras nuevas.	0,25
	Puntuación Total: 1

Tabla 9. Criterios de corrección pregunta 3 Cuestionario 2

Veamos algunos ejemplos de aplicación de los criterios anteriores

- Ejemplo 1: “*La vida sobre la tierra se ha ido haciendo más compleja porque después de la reproducción y de la creación de los genes en los cromosomas, se han sufrido diversas mutaciones en los individuos y dependiendo del ambiente las mutaciones pueden ser positivas o negativas. En caso de ser una ventaja las posibilidades de reproducción y por tanto sus descendientes la heredarían. Cada generación se van acoplado nuevas modificaciones positivas para la especie por lo que de la primera que surgió has la actualidad son completamente distintas*” En esta respuesta se recogen los aspectos fundamentales: En primer lugar el sujeto procesa profundamente la pregunta identificando la opción correcta de respuesta, para después marcar la existencia de variabilidad debida a la mutación o al proceso de reproducción. Las ideas de ventaja y herencia también se encuentran presentes y la herencia, así como la acumulación de cambios. Este sujeto puntúa con un (1)

- Ejemplo 2: “*La vida sobre la tierra se ha ido haciendo más compleja, porque generación tras generación cada vez hay más individuos con una característica favorable, en cambio otras desaparecen. Cuantas más especies más compleja se hace la tierra*” Este sujeto realiza una respuesta parcialmente correcta, aunque el procesamiento de la demanda es bueno, su respuesta es ambigua. Marca la idea de herencia de los caracteres y de ventaja, pero no especifica bien el mecanismo por el que se produce que algunas especies se hagan más complejas. Finalmente por dar una respuesta incompleta se le puntúa (0,5).

Pregunta 4.- ¿Cómo explica hoy la ciencia que los gorilas no tengan cola, a diferencia de la mayoría de monos?

Al igual que ocurre en la pregunta anterior, un procesamiento superficial, puede llevar al sujeto a las ideas en el texto con la numeración 16, 17, 18, 19, 20 21 y 22, en las que se expone el ejemplo del mecanismo evolutivo de los gorilas según la teoría de Lamarck (Ver Tabla 5).

En el caso de un procesamiento más profundo de la pregunta, cabría esperar que un sujeto realizase las siguientes acciones:

1. Conectar la demanda “como explica hoy la ciencia...” con la idea de “la ciencia actual, modo correcto” y en concreto con la información textual reflejada en el nodo 24 “La teoría admitida como correcta (...)”.
2. Seguidamente, a partir de los segmentos siguientes inferir desde la idea 26 que algunos gorilas nacerían sin cola, lo que les diferencia de los demás. A través del nodo 28 conectar con la idea que ese

cambio les concede alguna ventaja a los individuos y mediante el nodo 29, que estos individuos sobreviven más tiempo, se reproducen más, para posteriormente a través del 30 obtener que cada vez hay más individuos con esta característica. Se trata, por tanto, de un proceso similar al de la pregunta inferencial manipulada del cuestionario uno.

3. Re-procesar que los cambios genéticos beneficiosos permanecen (31)

Existe otra posibilidad para los sujetos que procesan más profundamente el texto y consiste en realizar una analogía, a partir del ejemplo de los mamíferos marinos para los sujetos de la fase uno. Sustituyendo únicamente el animal en el ejemplo.

Dado que se buscaba una respuesta darwiniana, los criterios de corrección que se aplicaron en esta pregunta son idénticos a la pregunta 3 del cuestionario uno. De manera que una respuesta correcta tipo sería: *“Los gorilas actuales no poseen cola debido a que entre la variabilidad existente en sus antepasados, algunos individuos nacieron sin cola, por azar o mutación en los genes, lo que les otorgó una ventaja en la competencia por los recursos, reproduciéndose más que el resto. Esta característica fue heredada por los descendientes, aumentando en la población”* Como ejemplos de respuesta podemos dar: *“Los gorilas han ido perdiendo la cola porque era una característica desfavorable y al ser desfavorable ha tenido que ir desapareciendo para que fuera favorable”* Este es el típico ejemplo de pregunta incompleta, en la que el sujeto logra procesar la pregunta y no contestar erróneamente por la manipulación textual, pero que por otro lado, da una respuesta ambigua e incompleta. Por tanto, la puntuación se decidió por consenso, quedando como (0,25) por apuntar la idea de ventaja.

Preguntas Inferenciales: Como hemos dicho anteriormente, se trata de preguntas cuyo objetivo es comprobar el nivel de comprensión del texto, a través de una aplicación directa de la información presentada en él. No pretenden, a diferencia de las anteriores, maximizar las diferencias en las respuestas según los diferentes niveles de procesamiento lector de los sujetos y únicamente se esperan efectos menores en la calidad de las respuestas debidas a este factor.

Estas preguntas eran diferentes para cada tipo de cuestionario. En el cuestionario 1 tenemos:

Pregunta 5.-Según Lamarck, ¿por qué los murciélagos habitantes de las cavernas oscuras son ciegos?

Esta pregunta buscaba que los sujetos realizasen una analogía entre el ejemplo de los gorilas, explicado en el texto y los murciélagos. Pregunta sobre el mecanismo por el cual los murciélagos actuales son ciegos. El sujeto debe conectar y procesar en su memoria la información presente en las ideas 9 a 13, para enlazarla con en el ejemplo expuesto desde 16 a 22, sobre los gorilas y aplicar la teoría de Lamarck de uso y desuso cambiando el ejemplo con los murciélagos. El criterio de corrección para esta pregunta, queda tal y como se muestra en la tabla siguiente:

IDEA FUNDAMENTAL	PUNTUACIÓN
A.- Evolución con Intención de Progreso	0,25
B.- Ley de USO/DESUSO del órgano	0,50
C.- Herencia caracteres adquiridos.	0,25
	Puntuación Total: 1

Tabla 10. Criterios de evaluación para la pregunta 5 del cuestionario 1

Una respuesta correcta debe englobar estas tres ideas, como ejemplo podría ser: “Los murciélagos al vivir en cavernas oscuras ya no necesitan los ojos, al no usarlos, se debilitan. Los pequeños cambios en los ojos se heredan y se acumulan durante generaciones, por lo que los ojos desaparecen.

A modo de ejemplo mostramos los siguientes:

- Ejemplo 1: “*porque se atrofiaron: debilitamiento de un órgano por falta de uso.*” Como se puede observar, se trata de una respuesta parcial, expone la teoría lamarckiana, al no usar, desaparecen. No explica que las características se heredan ni que es un deseo del ser vivo por sobrevivir. Este sujeto puntúa (0,5)
- Ejemplo 2: “*Porque como las cavernas son oscuras no se ve nada y los murciélagos no necesitan los ojos. De no usarlos, los ojos se atrofiaron y la siguiente generación nació ciega*”. En esta respuesta aparece de nuevo la idea de necesidad, por lo que se puede interpretar de manera lógica la idea de: no necesidad, no

hace falta y al no hacer falta, no uso del órgano. Esto se ve reforzado por la afirmación siguiente del sujeto, que especifica que al no utilizar los ojos, se atrofian. Por tanto marca el mecanismo de uso/desuso enunciado por Lamarck. Además, comenta la transmisión de los caracteres a los descendientes. Únicamente le faltaría el apartado de intención como progreso, puntuando (0,75)

En lo que se refiere al cuestionario 2, tenemos la siguiente pregunta:

Pregunta 5.-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 antecesoros sin estas características.

Para elaborar una respuesta correcta a esta pregunta, el alumno debe integrar información procedente del texto, seleccionando la información pertinente para el tema que se le pide, distinguiéndola de la que no es específica, o no esta relacionada. En nuestro caso concreto, en un procesamiento profundo, el sujeto debe:

1. Integrar la demanda "...correctamente" y enlazar con 24. Seguidamente en la pregunta, relacionar "...están bien adaptados" con la idea de obtienen una ventaja, información que aparece en 28, reteniendo que con esa ventaja pueden ganar la competencia, información que aparece en 29
2. A partir de aquí, el sujeto debe estructurar y ordenar la información encontrada en los segmentos 30 y 31, para elaborar

una respuesta correcta que podría ser: la diferente cantidad de pelo es una característica presente en los antepasados de los zorros polares, lo que permitió a algunos ejemplares sobrevivir más tiempo y reproducirse más haciendo que esta característica se extendiese entre la población. En definitiva el alumno debe construir la respuesta a partir de la información del texto, pero conectando diferentes unidades.

3. También podemos tener el caso que el sujeto construya la pregunta a partir del ejemplo. Dado que esta pregunta aparecía junto al primer modelo de texto, puede relacionar el caso de los mamíferos marinos con el de los zorros. Se trata de una analogía, ya que limitándose a sustituir el tipo de animal, el sujeto puede a partir del ejemplo de cómo los mamíferos marinos mejor adaptados para nadar eran seleccionados de manera natural, logrando reproducirse más y teniendo más descendencia, construir la respuesta de que aquellos zorros polares con más pelo, lograrían soportar mejor el frío y serían seleccionados de forma natural, sobreviviendo más tiempo y transmitiendo esta característica a sus descendientes.

Los criterios de corrección son idénticos a los propuestos para las preguntas sobre mecanismo evolutivo de Darwin. A modo de ejemplo de aplicación, expondremos dos respuestas reales de sujetos para ver de qué modo se aplica el criterio de corrección.

- Ejemplo: *“Según Darwin, los zorros han ido reproduciéndose y por mutaciones ha ido modificándose y, por medio de la selección natural, se han escogido los mejores zorros, hasta conseguir el que sobreviviera al frío*

por tener mucho pelo” En primer lugar, el sujeto logra procesar bien la demanda, seleccionando la teoría de Darwin, enlaza la idea de la mutación como el cambio en la especie, y al hablar de mejores zorros se interpreta con la idea de “ventaja” frente al resto de la población. Por otra parte añade la idea de gradualismo “poco a poco en el cambio, aunque no del todo acertada, presuponemos que podría implicar herencia de caracteres, pero al no aparecer de forma explícita, lo desecharíamos. En definitiva, este sujeto obtendría (0,75).

Tras la realización de esta primera fase, se analizaron cada una de las preguntas así como los resultados que se obtuvieron, ajustando las preguntas y seleccionándolas para una segunda fase. (Ver justificación de la elección de las preguntas en el apartado de resultados).

FASE SEGUNDA.- La prueba de comprensión en la segunda fase consta de cuatro preguntas abiertas, compuesta por una pregunta de tipo literal del cuestionario anterior (en concreto la pregunta 1), dos preguntas ‘inferenciales diana’ (correspondientes a la pregunta número 3 de los cuestionarios 1 y 2) y una pregunta ‘inferencial no manipulada’, que se elaboró específicamente para esta fase. (Ver Anexo VII.)

A continuación detallaremos, únicamente, el análisis de la pregunta cuatro, por tratarse de la única que no aparece en los cuestionarios anteriores.

Pregunta 4.- 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?

Se trata de una pregunta que obliga a enlazar ideas del texto, generalizarlas y aplicarlas a este caso. Otra vía consiste en construir una analogía entre este caso y el ejemplo expuesto en el texto (que habla de las patas de las garzas). La información textual necesaria para construir la generalización y posterior particularización se localiza en las siguientes ideas textuales:

- 26. Darwin descubrió que los individuos de cada grupo nacen por azar con características que los diferencian de los demás (Variabilidad).*
- 27. Estas diferencias se forman en los genes, bien durante la reproducción sexual, o bien, muy raramente, por mutaciones.*
- 28. Algunos cambios genéticos son ventajosos y otros desfavorables.*
- 29. 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.*
- 30. Los descendientes heredan la ventaja. Generación tras generación, cada vez hay más individuos con la característica favorable y el resto va desapareciendo.*
- 31. Los cambios beneficiosos permanecen y se acumulan con el tiempo en las especies.*

Como puede verse la respuesta no aparece de forma explícita en estas secciones del texto, por lo que requiere que el sujeto construya una respuesta usando dicha información para inferir las ideas adecuadas. Igualmente se puede construir la respuesta a partir de la analogía con las siguientes ideas del texto:

34. *La garzas actuales poseen unas patas muy largas que les permiten alimentarse en zonas profundas de las lagunas, pero sus antepasados carecían de éstas.*
35. *En la población antepasada existía variabilidad en cuanto a la longitud de las patas.*
36. *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.*
37. *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.*
38. *Estas garzas, mejor alimentadas que el resto, vivieron más tiempo y dejaron más descendientes que las otras garzas de patas más cortas.*
39. *Muchos de estos descendientes heredaron las patas largas y también tuvieron ventaja.*
40. *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.*

A partir de estas ideas, el sujeto debe elaborar una respuesta tipo: *Existía variabilidad en los antepasados de las gacelas actuales y por tanto los individuos corrían a diferentes velocidades. Aquellas más rápidas sobreviven más tiempo, siendo seleccionadas para reproducirse (Procedente del conocimiento previo) porque pueden huir más tiempo de los depredadores (ésta es la ventaja). Los descendientes heredan esta característica y por tanto la ventaja. Este hecho repetido durante generaciones hace que poco a poco la población de gacelas sea más rápida.*

Los criterios establecidos para esta pregunta son como se muestran en la siguiente tabla:

<i>IDEA FUNDAMENTAL</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
1.- Existencia de Variabilidad en las Especies. Origen a partir de las mutaciones que de manera espontánea se produce en el DNA de los individuos.	Puntuación Total: 0,75
2.-Herencia y Ventaja/Desventaja	Puntuación Total: 0,25
2a.- Entre la variabilidad existente, unos individuos presentaran alguna diferencia que les otorga una ventaja y son seleccionados de forma natural, mientras que otros no.	0,15
2b.- Estos individuos sobreviven más tiempo que el resto, se reproducen más favorablemente y dejan más descendientes transmitiendo las características mediante los genes durante el proceso de reproducción.	0,10
	Puntuación Total: 1

Tabla 11. Criterios para la pregunta 4.

2.3.6.- Procedimiento

El experimento se llevó a cabo a lo largo de tres sesiones en días diferentes, no consecutivos.

Primera sesión:

En la primera sesión los estudiantes realizaron la prueba de control de la comprensión, a lo largo de los periodos normales de clase (55 minutos). Su profesor, junto al investigador, les informó que se trataba de un estudio para mejorar los libros de texto y que los resultados no tendrían influencia en sus calificaciones escolares. A continuación, el investigador explicó brevemente el procedimiento que se seguiría y solicitó la máxima colaboración de los estudiantes. Éstos no fueron informados en ningún momento de que los textos contenían contradicciones. A continuación se repartió el **cuestionario 1** con los 6 textos. Los estudiantes leyeron los párrafos, subrayaron las oraciones problemáticas, y explicaron el problema encontrado en su caso. También puntuaron la comprensibilidad de los párrafos en una escala de 1 (difícil de entender) a 4 (fácil de entender).

A medida que los estudiantes completaban y devolvían este cuestionario 1, se les entregaba el cuestionario 2. En éste se informaba de la presencia de las contradicciones en 4 de los textos del cuadernillo anterior. También se les preguntaba si habían detectado las contradicciones y que habían hecho en ese caso. El propósito de esta parte era averiguar si habían detectado las contradicciones sin haber informado espontáneamente de ello. A lo largo de la realización de este segundo cuestionario, se recalcó a los estudiantes que indicaban haber detectado la contradicción, sin haberlo dicho en la primera parte, que explicasen lo mejor posible cuáles eran las razones que les habían llevado a actuar así. Debían explicarlo en el espacio reservado al efecto. Todo

el procedimiento nunca duró más de la hora de clase, siendo el tiempo medio alrededor de unos 40 minutos. No hubo incidencias destacables durante esta sesión.

Al finalizar todos los estudiantes, se agradeció su participación y se les emplazó para una segunda sesión un próximo día.

Segunda sesión:

En esta segunda sesión, no hicieron falta las presentaciones y se procedió directamente a explicarles test de Procesos de Lectura. Para esto y tras repartir los cuadernillos, se leyó conjuntamente la hoja de instrucciones, haciendo especial hincapié en la importancia de leer primero el texto completo y luego contestar a las preguntas, recordando que durante la contestación a las preguntas pueden consultar el texto siempre que lo deseen. Tras esta lectura, pasamos a realizar un ejemplo con el texto prueba de *El Titanic*, que leyó en voz alta uno de los alumnos, y el investigador pasó a leer las preguntas solicitando la respuesta en voz alta. Se aprovechó la situación para practicar el método de resolución, es decir: leer y contestar, consultar a voluntad y leer todas las alternativas antes de marcar una respuesta. También se explicó que en caso de querer cambiar una respuesta, se debía tachar bien y marcar claramente la nueva respuesta.

Dado que se trata de un tipo de actividad común en la enseñanza, no se produjeron dificultades y los sujetos entendieron perfectamente la mecánica de la prueba. Sin ningún incidente lograron completar la prueba en los 55 minutos estipulados.

Tercera sesión:

Esta última sesión, se dividió en dos partes: En primer lugar se repartió el cuestionario de conocimientos previos; una vez terminado y entregado este test se les repartió el texto junto con el cuestionario de comprensión. Se les recordó a los sujetos que debía leer primero el texto y luego contestar a las preguntas consultando el texto cuanto quisieran, de forma que pudiesen responder de la manera más completa posible. El tiempo para la realización de esta prueba (55 minutos) no superó el de una clase habitual y cada sujeto repartió el tiempo a discreción y decidió el orden de respuesta de las preguntas.

Los criterios normativos de evaluación establecidos para este tercer experimento, son específicos para cada pregunta y fase del experimento y ya han sido expuestos junto a cada uno de los instrumentos. La puntuación máxima que puede obtener un sujeto en la fase uno, independientemente del cuestionario uno o dos, es de cinco puntos. Para la segunda fase la puntuación máxima es de cuatro puntos. A continuación detallamos la puntuación asignada a cada una de las ideas que debía recoger cada respuesta para cada una de las fases. Las ideas se puntuaron con independencia de su formulación siempre que se preservara el significado.

3. Resultados y conclusiones

Comenzaremos, en primer lugar, analizando los resultados correspondientes al test de conocimientos previos de manera conjunta para la fase 1 (estudio piloto de validación) y la fase 2. Seguidamente daremos los resultados generales para la fase 2. Finalmente analizaremos las preguntas diseñadas para optimizar el efecto de las diferencias en procesamiento (preguntas inferenciales diana)

Recordemos que las variables independientes que utilizamos son el Conocimiento Previo que, como en los anteriores experimentos, se categorizó con dos niveles (alto y bajo) según la puntuación esté por encima o debajo de la media del grupo para la prueba correspondiente. La Comprensión Lectora y la variable de Control de la Comprensión, son variables continuas procedentes de los tests estandarizados que ya hemos presentado. Ambas variables pueden ser dicotomizadas según el sujeto esté por encima o debajo de la media del grupo.

3.1. Resultados prueba de Conocimientos Previos

El conjunto de ideas previas o preconcepciones que sobre el tema de *La Evolución de las Especies* que mantienen los alumnos son uno de los factores esenciales que deben tenerse en cuenta para un aprendizaje adecuado de las ciencias (Adúriz y Meinardi, 2000; Dagher y Boujaoude, 1997).

El análisis sobre ideas previas acerca de la evolución que realizamos con alumnos universitarios no especialistas en ciencias (es decir, una población culta no especialista), mostró que dichos alumnos no sólo poseen ideas alternativas, sino que tienen sus propias creencias sobre el cambio de las

especies y los mecanismos evolutivos coincidentes con ideas intuitivas lamarckianas de la evolución. (Ver Capítulo 2). Estas mismas ideas alternativas se mostraron en alumnos de bachillerato y como veremos son ideas que ya están presentes en nuestra población de estudiantes de 4º de ESO. Lo que confirma la persistencia que las ideas alternativas en el tema de evolución, tienen a lo largo de toda la enseñanza, tanto en niveles superiores como en aquellos más inferiores. Este aspecto ha sido señalado por diferentes autores (Anderson, 1983; Campanario y Otero, 2000; Ayuso y Banet, 2002). Skoug y Biolica (2002) insisten en la necesidad de contradecir las ideas alternativas entorno al tema de la evolución, como un elemento clave del proceso enseñanza-aprendizaje de la Biología. Sería conveniente plantearse seriamente la razón por la que ciertos modelos de instrucción en ciencias no logran superar estas concepciones, dada su permanencia en los alumnos de diferentes niveles educativos.

Dado que el significado que se le atribuye a un concepto depende de la teoría utilizada para interpretarlo, nos encontramos frente a una situación que podría en gran medida influenciar en los resultados, por esto analizamos de forma exhaustiva hasta que punto existen concepciones lamarckianas de la evolución en los sujetos del experimento y hasta qué punto pueden considerarse un esquema explicativo consolidado, para posteriormente comprobar si el hecho de presentar un esquema lamarckiano puede explicar parte de las puntuaciones obtenidas en la prueba final de comprensión.

A continuación mostramos las medias obtenidas para los sujetos en ambas fases.

<i>Puntuación de CP</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>
Fase 1	52	3,9	1,2
Fase 2	30	3,9	1,4

Tabla 12.- Promedios y desviaciones estándar del conocimiento previo en ambas fases.

Dado que la puntuación máxima era 10 puntos y las respuestas erróneas no descontaban puntuación, podemos ver que el promedio es bajo pero estable en ambas fases. Debemos señalar que en el momento de realizar la prueba, ninguno de los dos grupos había estudiado el tema durante el año en curso, por lo que la medida se basa en los conocimientos propios de cada sujeto obtenidos del estudio del tema en un curso anterior y del ambiente social.

En la Tabla 13 mostramos los porcentajes de acierto por pregunta en el test CP.

<i>PREG.</i>	<i>IDEA</i>	<i>% Acierto N=82</i>	
1	Concepto de la Existencia de Evolución	65,37	
2*	Evolución y Perfección.	5,7	6,6
3*	Evolución y complejidad.	15,4	26,6
4	Mecanismo Lamarckiano de la Evolución frente al Mecanismo Darwinista	16,35	
5	Mecanismo Lamarckiano de la Evolución frente al Mecanismo Darwinista	15,59	
6	Mecanismo Lamarckiano de la Evolución frente al Mecanismo Darwinista	8,21	
7	Conocimiento Teoría de Lamarck	44,25	
8	Conocimiento Teoría de Darwin	26,19	
9	Conocimiento Teoría de Lamarck	22,13	
10	Conocimiento Teoría de Darwin.	26,22	

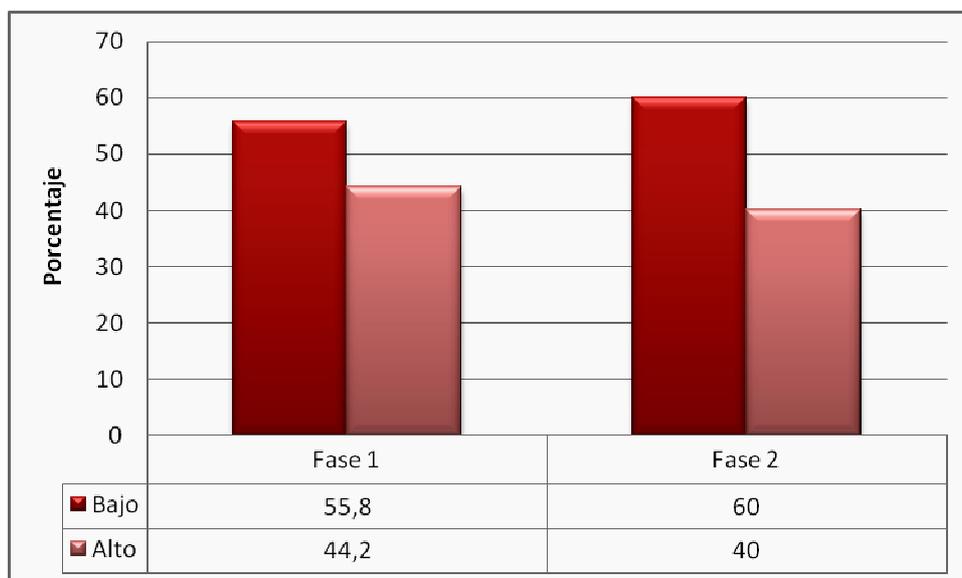
Tabla 13. Porcentajes de acierto en la prueba de Conocimientos Previos. *)Preguntas reformuladas en la fase 2.

Al igual que ocurre en los experimentos anteriores, la pregunta 1 sobre la existencia de la evolución, se obtienen unos porcentajes de acierto más elevados que en el resto de cuestiones (65,37%), y esto evidencia la gran difusión y extensión que tiene el concepto de evolución como cambio de las especies. Otro de los porcentajes, que salta a la vista el aumento del porcentaje de acierto en las respuestas correspondientes a las preguntas 2 y 3, únicas cuestiones que fueron reescritas en la fase dos.

También salta a la vista el elevado porcentaje de sujetos que se deciden por explicaciones lamarckianas basadas en cambios debidos al esfuerzo en las actividades vitales de los organismos, o en el uso continuado de un miembro o falta del mismo. Pero es especialmente significativo que estos porcentajes de ideas lamarckianas sean mayores que los obtenidos cuando la pregunta se dirige directamente al conocimiento de las teorías. Es decir: hay un porcentaje importante de sujetos que responden correctamente cuando se pregunta sobre las bases de la teoría de Darwin (preguntas 8 y 10) pero eligen mecanismos lamarckianos, rechazando los darvinistas, cuando se trata de aplicaciones a casos concretos (preguntas 4, 5 y 6). Lo que prueba que un aprendizaje memorístico, es inútil para ser aplicado y de nuevo alerta sobre los resultados de la educación científica obtenidos mediante prácticas pedagógicas tradicionales.

Puede obtenerse una medida del grado de 'lamarckismo' presente en cada sujeto, contabilizando la cantidad de opciones de corte lamarckiano que eligen en el test de Conocimientos Previos. A partir de ello, se consideró que un sujeto posee esquemas explicativos lamarckianos cuando el número de respuestas de este tipo superaba la mitad de las posibles en cada fase (Ver apartado 2.3.3.). Aplicando este criterio, en la fase 1 se obtiene un 44,2% de los sujetos con esquemas lamarckianos. En la fase 2 este porcentaje fue

parecido, del 40,0% (ver Gráfica 1). La constancia en el porcentaje de sujetos con esquemas lamarckianos en las dos fases, hace pensar que la medida es fiable para nuestros propósitos.



Gráfica 1. Sujetos con alto y bajo nivel de respuestas lamarckianas para cada fase del experimento.

El control de los sujetos que poseen esquemas lamarckianos que aplican ante casos prácticos es importante por cuanto las preguntas diana podrían ser también respondidas erróneamente por aplicación directa del esquema lamarckiano, con independencia del nivel de comprensión lectora y del nivel de control de la comprensión del sujeto.

En resumen, la estabilidad de los resultados tanto de conocimiento previo en general como en la presencia de esquemas lamarckianos entre ambas fases nos hace pensar que el instrumento de medida construido (y mejorado en fase 2) es suficientemente fiable.

3.2. Resultados en la pruebas de Comprensión Lectora y Control de la Comprensión

Los resultados que obtuvimos en la prueba de comprensión lectora para las dos fases del experimento, se muestran en la siguiente tabla:

<i>FASE</i>	<i>N</i>	<i>MEDIA (máx. = 20)</i>	<i>DS</i>
FASE 1	52	13,75	4,21
FASE 2	30	14,46	3,29

Tabla 14. Media de las puntuaciones obtenidas en la prueba de Comprensión Lectora y el porcentaje de sujetos en cada percentil.

Como puede observarse ambas medias son muy similares por lo que sigue habiendo estabilidad. Recordemos que la puntuación máxima en este test es de 20 puntos.

Las medias en las puntuaciones para la prueba de Control de la Comprensión fueron:

<i>FASE</i>	<i>N</i>	<i>MEDIA (máx. = 9)</i>	<i>DS</i>
FASE 1	52	2,12	2,57
FASE 2	30	2,58	2,59

Tabla 15. Medias de las puntuaciones obtenidas en la Prueba de Control de la Comprensión

Se trata de valores medios bajos, dado que la puntuación máxima en esta prueba es de 9. Ello nos indica que la mayoría de sujetos no logran detectar las contradicciones explícitas en los textos. De nuevo la medida parece fiable dada la semejanza de las medias en ambas fases.

3.3. Relaciones entre las variables independientes

Encontramos que poseer o no esquemas lamarckianos no está asociado con los niveles de Comprensión Lectora (Xi-cuadrado= 2,010; g.l.=1; p= 0,156) ni de Control de la Comprensión (Xi-cuadrado= 1,071; g.l.=1; p= 0,301), por lo cual sus efectos sobre la comprensión pueden estudiarse independientemente. Por su parte, los niveles bajo/ alto de Control de la Comprensión y Comprensión Lectora tampoco están asociados (Xi-cuadrado <1). Finalmente, la puntuación de Conocimiento Previo no correlaciona significativamente con la puntuación Control de la Comprensión ($r= 0,050$; $p= 0,793$), ni con Comprensión Lectora, aunque el aumento de potencia estadística podría cambiar esto, ya que la significación está cerca del límite permitido: ($r= 0,317$; $p= 0,088$).

3.4. Resultados Prueba de Comprensión final

3.4.1.-Resultados estudio piloto de validación

Para la elaboración de la prueba de comprensión se realizó una primera fase (fase 1) que consistió en un primer estudio con el objeto de validar, tanto el texto como las preguntas de comprensión. Se diseñaron dos versiones diferentes del test para validar un total de 2 preguntas literales, 2 preguntas inferenciales y 4 preguntas inferenciales diana. Cada versión contenía 5 preguntas: las 2 literales, 2 inferenciales diana y 1 inferencial (no diana). Cada pregunta se puntúa entre 0 y 1 según los criterios que ya se expusieron. De forma general, las medias de puntuación para cada una de las preguntas, en esta primera fase, se muestran en la tabla 16.

<i>FASE 1</i>	<i>CUESTIONARIO 1</i>	<i>CUESTIONARIO 2</i>	<i>TOTAL</i>
Pregunta 1. Literal	0,78 (0,36)	0,87	0,82 (0,33)
Pregunta 2. Literal	0,82(0,33)	0,82(0,35)	0,82 (0,32)
Pregunta 3. Inferencial Diana	0,17(0,27)	0,12 (0,28)	0,24 (0,37)
Pregunta 4. Inferencial Diana	0,12(0,28)	0,0 (0,04)	0,18 (0,30)
Pregunta 5. Inferencial	0,38 (0,29)	0,09 (0,21)	0,33 (0,34)
Suma Punt Preguntas Literales			1,64 (0,57)
Suma Puntuación Preguntas Inferenciales			0,75 (0,76)
Suma Puntuación Preguntas Inferenciales Diana			0,42 (0,50)

Tabla 16. Resultados en la prueba de comprensión final para la fase 1

El análisis de los resultados, pregunta a pregunta, para cada una de las versiones del cuestionario de comprensión diseñadas para esta fase, aconsejaron tomar las siguientes decisiones para la Fase 2:

1.-Eliminar las preguntas 4 de ambas versiones. En la versión 2 del cuestionario la media obtenida es 0 porque nadie logró responder bien completamente: resulta excesivamente difícil y no sirve para discriminar entre sujetos. En la versión 1 del cuestionario esta pregunta exige una respuesta correcta que puede darse desde posiciones lamarckianas y no permite verificar el aprendizaje a partir del texto. Aún así, la media tampoco alcanzó siquiera la mitad de la posible (0,50)

2.-Eliminar la pregunta 5 de ambas versiones. En lo referente al cuestionario 1, su respuesta correcta exigía el conocimiento de las ideas de Lamarck y, por ello, no era posible tener la seguridad de que los sujetos aprenden del texto aunque respondan correctamente, o lo hacen desde el conocimiento previo, intuitivo. En cuanto al cuestionario 2, se eliminó porque la media obtenida fue demasiado baja, lo que indica que la pregunta no se adecuó a las posibilidades de aprendizaje a partir del texto.

3.-Revisar la exposición de las ideas darvinistas en el texto, y mejorar su aplicación en el ejemplo presentado. Por esa razón se modificaron algunos de los nodos del texto de la fase 1(presentado en los nodos 31 a 38) y se cambió el ejemplo, por otro diferente, referente a la evolución en las garzas (nodos 34 a 40)

4.-Aprovechar las preguntas diana números 3 de ambos cuestionarios mejorando algo su redacción y enlace con el texto. Para ello se modificó también ligeramente la información expuesta en la sección de Lamarck del texto. Ambas preguntas 3 de forma conjunta alcanzaron el objetivo esperado de discriminar entre los sujetos con alto o bajo nivel de Comprensión Lectora: $F(2,51)= 3,84; p=0,02$ en la fase 1.

Dado que ambas preguntas literales obtuvieron medias altas, se deduce que los sujetos son capaces de procesar el texto al menos a nivel léxico, que es una condición sine qua non en los experimentos. Se decidió conservar una de ellas para el cuestionario de la fase 2: la de mejor media.

3.4.2.-Resultados de la prueba definitiva (fase 2)

Las puntuaciones para las 4 preguntas de comprensión en la fase final, definitiva, son los siguientes (cada pregunta puntúa sobre un máximo de 1 punto):

<i>FASE</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DS</i>
Pregunta 1. Literal	0,81	0,27
Pregunta 2. Inferencial Diana	0,12	0,29
Pregunta 3. Inferencial Diana	0,46	0,43
Pregunta 4. Inferencial	0,53	0,49
Puntuación Total	1,92	0,97

Tabla 17. Resultados en las preguntas de comprensión.

Se trata de valores promedio aceptables excepto en la pregunta 2 (inferencial diana). Existe una gradación en el nivel de dificultad que ha presentado cada pregunta, desde la más fácil (literal, pregunta 1), pasando por la inferencial (pregunta 4), siguiendo con una de las preguntas inferenciales diana (la pregunta 3) y acabando con la otra inferencial diana (la pregunta 2) que es, claramente, la más difícil. Así pues, ambas preguntas diana presentan diferencias en su nivel de dificultad.

La puntuación global de la prueba de comprensión (PC) se correlaciona significativamente con la puntuación en Comprensión Lectora: $r= 0,49$; $p= 0,005$. Cerca de un 25% de la varianza en los resultados finales pueden ser explicados tan sólo con el factor Comprensión Lectora. La puntuación en Control de la Comprensión y la puntuación en la prueba de comprensión correlacionan con un valor: $r= 0,46$; $p= 0,01$. El porcentaje de varianza de PC que puede explicar CC por sí misma es, por tanto, superior al 21%. Por su parte, la puntuación de Conocimiento Previo no correlaciona significativamente con PC, aunque la significación está cerca del límite admitido, probablemente debido al tamaño de la muestra: $r = 0,34$; $p= 0,07$. La varianza de PC que CP explica por sí misma es superior al 10%.

El mejor ajuste lineal de los valores de PC se obtiene tomando como variables predictoras CL, CC (CP queda eliminada del análisis por colinealidad) obteniéndose: $F= 7,505$; $p= 0,03$; $R= 0,60$; R^2 corregida= $0,31$. Así pues el 31% de la varianza de la prueba de comprensión se explica por estas dos variables.

3.4.3- Análisis de los diferentes tipos de preguntas

Preguntas Literales: En esta fase la pregunta literal era única (y se corresponde con la pregunta 1 de la fase 1). La media de las puntuaciones obtenidas fue alta ($M=0,81$ $DS=0,27$). De nuevo los sujetos de la muestra son

capaces de construir la representación del texto al menos a nivel léxico, que es condición básica para poder realizar la prueba. En el análisis de varianza, no se obtuvieron diferencias significativas en función de las variables independientes Comprensión Lectora, Control de la Comprensión y Conocimiento Previo. Esta situación es predecible ya que se trata de cuestiones de bajo nivel de dificultad, que no requieren multitud de inferencias y con un procesamiento superficial del texto es suficiente para encontrar la información pertinente. Tan sólo apareció un sujeto que contestó incorrectamente a la pregunta inferencial, el resto se encuentra en disposición de realizar la prueba.

Preguntas Inferenciales Diana: Errores previstos. En este apartado, analizaremos las respuestas dadas a estas preguntas que fueron diseñadas para comprobar la hipótesis de que los sujetos con nivel bajo de comprensión lectora son aquellos que procesan la información para contestar preguntas fijándose en señales superficiales, léxicas, del texto, tales como palabras que aparecen en su enunciado. Quizás el Control de la Comprensión tenga también importancia en ello y por supuesto, debemos controlar la influencia que puede tener el disponer de esquemas explicativos lamarckianos.

En el caso de las preguntas 2 y 3, si un sujeto procesa la información a este nivel superficial, acudirá a determinados nodos de la sección dedicada a Lamarck del texto y los considerará pertinentes para construir la respuesta. Pero esta respuesta es errónea, ya que la correcta proviene de aplicar las ideas darvinistas.

Para aumentar la potencia estadística se consideraron todos los sujetos de ambas fases que respondieron cada una de las 2 preguntas diana utilizadas en la fase final definitiva. El total fue de 56 sujetos. En primer lugar se analizó la

influencia de “poseer o no esquemas lamarckianos” sobre el hecho de cometer los errores predichos o no. Sendas pruebas Xi-cuadrado para cada pregunta prueban que el hecho de responder erróneamente según lo previsto por el diseño de la pregunta no está asociado con poseer ideas lamarckianas, en ambas preguntas diana (Xi-cuadrado < 1). Por tanto los efectos detectados podrían ser debidos a Comprensión Lectora, a Control de la Comprensión, o a ambas variables.

Para este estudio, las puntuaciones originales de las pruebas de Comprensión Lectora y de Control de la Comprensión fueron agrupadas en 2 niveles, bajo/ alto, según fueran respectivamente inferiores/ igual o superiores a las medias del grupo.

En la pregunta 2 tanto Comprensión Lectora como Control de la Comprensión están asociados significativamente con cometer o no el error previsto. Un 89,5% de sujetos con bajo nivel de Comprensión Lectora comete el error previsto, mientras que únicamente el 43% de los sujetos con alto nivel de la misma, comete el error (Xi cuadrado= 6,161; g.l.= 1; p= 0,013). En cuanto al control de la comprensión, un 78% de sujetos con bajo nivel de Control de la Comprensión cometen el error previsto, mientras que entre los sujetos de alto nivel, el porcentaje es sustancialmente menor, 47% (Xi cuadrado = 5,535; g.l.=1; p= 0,019).

En la pregunta 3 el factor Nivel de Comprensión Lectora (bajo/alto) está asociado significativamente con el tipo de respuesta dada (Chi cuadrado= 6,579; g.l.=1; p=0,002). Un 68% de los sujetos con bajo nivel de Comprensión Lectora comete el error previsto, mientras que entre los sujetos de alto nivel de sólo un 32% comete ese error.

Sólo un 16% de los sujetos con alto nivel de Control de la Comprensión cometen el error previsto, mientras que el 59% de aquellos con bajo nivel del

mismo, lo comete ($\chi^2 = 9,687$; g.l.=1; $p= 0,002$). De nuevo el nivel de Comprensión lectora y Control de la comprensión, están asociados significativamente con el error predicho.

Pregunta Inferencial. Se trata únicamente de la pregunta 4 que se dirige directamente a examinar si se ha adquirido un conocimiento suficiente sobre las aplicaciones de la teoría de Darwin para explicar casos concretos, reales, en la naturaleza. Esta pregunta, se corresponde con la tipología usual de las preguntas de evaluación en ciencias. Demanda la aplicación a un escenario nuevo del conjunto de ideas darvinistas expuesto en el texto, y aplicado allí a otro ejemplo similar. De todas las variables independientes (CLec, ConC, CPre) la puntuación en esta pregunta sólo correlaciona significativamente con el nivel de Comprensión Lectora ($r= 0,454$; $p= 0,012$). No poseer esquemas lamarckianos arraigados (media= 0,66) o poseerlos (media= 0,39) influye de un modo no significativo, pero muy cerca del límite admitido ($t= 1,917$; $p= 0,066$). Si se realiza un análisis de covarianza de la puntuación en esta pregunta 4 tomando como factor el poseer o no esquemas lamarckianos arraigados, y como covariable el nivel de comprensión lectora, el efecto de la covariable es significativo ($F= 4,907$; $p= 0,035$), pero el del factor ya no lo es ($F=1,661$; $p= 0,208$). Interesante resulta el cruce de esta puntuación con los resultados obtenidos en las preguntas diana 2 y 3. El 100% de los sujetos que no comete ninguno de los errores previstos en las preguntas diana, alcanza una puntuación alta en la pregunta 4 (0,75 ó 1 punto). Sin embargo, el 50% de los estudiantes que comete alguno de los errores previstos en las preguntas diana, obtiene también una alta puntuación en la pregunta 4 (0,75 ó 1 puntos). No existe una asociación significativa entre alta/baja puntuación en esta pregunta

4 y cometer o no alguno de los errores previstos en el diseño (Xi cuadrado = 1,787; g.l.=1; p= 0,181).

3.5. Conclusiones

A la vista de todos los resultados expuestos en el apartado anterior, y teniendo presente nuestra hipótesis de partida: *En tareas de búsqueda de información para responder preguntas inferenciales, los estudiantes que presentan bajos niveles de control de la comprensión y/o bajos niveles de comprensión lectora tendrán dificultades para diferenciar la información pertinente de la no pertinente a la hora de procesar ideas y conjuntos de ideas necesarios para comprender el contenido, por lo que cometerán errores bien definidos que podrían ser atribuidos erróneamente a otras causas, como concepciones alternativas a las científicas.*

Nuestras consecuencias contrastables de esta hipótesis eran las siguientes:

1. Tras estudiar un texto de ciencias, los sujetos de comprensión lectora alta obtendrán mejores resultados que los de comprensión lectora baja en la prueba de comprensión basada en cuestiones inferenciales.

En las condiciones de este experimento se ve confirmada la hipótesis de que algunas de las dificultades de comprensión observadas en los sujetos son debidas a procesamientos superficiales del texto y no a la presencia de esquemas alternativos de fuerte arraigo. Los sujetos de procesamiento superficial se guían más que los de procesamiento profundo por las marcas superficiales del texto (palabras, proposiciones y frases aisladas).

Estas dificultades se asocian con déficit en el control de la comprensión y en comprensión lectora. Además, el análisis de las respuestas dadas a las preguntas inferenciales de la prueba de comprensión indica que las formas típicas de evaluar el aprendizaje en ciencias (mediante preguntas de transferencia) no consigue detectar siempre los problemas de comprensión profunda del contenido, parte de los cuales tienen su origen en niveles inadecuados de capacidades básicas de comprensión de lo que lee y de control de la propia comprensión: muchos sujetos que son capaces de contestar razonablemente bien preguntas de transferencia, cometen los errores previstos por déficit en el procesamiento..

2. Si la formulación de las preguntas contiene palabras o frases que literalmente aparecen en el texto en segmentos de información no pertinente, entonces los sujetos de bajo nivel de Comprensión lectora darán más respuestas erróneas que los de nivel alto en esta variable.

Las variables comprensión lectora y control de la comprensión introducidas en este experimento, demuestran una correlación con el nivel de respuesta en la prueba final. La influencia de estas variables a lo largo de la lectura del texto científico, se evidencia más en las preguntas inferenciales e inferenciales diana, que en las literales. Los sujetos con bajo nivel en el test de comprensión lectora y control de la comprensión, obtienen puntuaciones más bajas en las preguntas inferenciales, que los sujetos con unos niveles altos.

Por último esperábamos efectos debidos a diferencias en el nivel de Control de la Comprensión, de modo que:

3. Cuando se trate de preguntas de dificultad alta para las que se deben realizar varias inferencias antes de llegar a la respuesta, los sujetos de alto control de su comprensión puntuarán más que los de bajo control.

En aquellas preguntas que requieren un número mayor de inferencias necesarias para enlazar la pregunta con la información textual, se mantiene nuestra hipótesis, siendo los factores Comprensión Lectora y Control de la Comprensión significativos. En un análisis por pregunta, vemos que esta diferencia no aparece en la pregunta literal. Se confirma, por tanto, que si un sujeto tiene un bajo nivel de Control de la Comprensión es difícil que pueda detectar errores o inconsistencias en su elaboración de la respuesta.

Por último, encontramos que las preguntas inferenciales diana, logran diferenciar entre aquellos sujetos que procesan las preguntas superficialmente, que procesan por palabras, de los que logran procesar las ideas. Aquellos alumnos que poseen un buen control de su propia comprensión, logran contestar mejor a este tipo de preguntas, lo que hace pensar en la importancia de esta variable.

Estos resultados, muestran la necesidad de prestar especial atención, no sólo a los diseños de los textos educativos y los diseños instruccionales en general, sino también a las variables relativas a las capacidades cognitivas y metacognitivas básicas de los sujetos. El nivel de comprensión lectora y el nivel de control de la comprensión parecen estar en la raíz de las causas por las cuales algunos sujetos son incapaces de comprender la teoría darvinista de la evolución, por muchas buenas explicaciones que se procuren. La significación de poseer o no esquemas lamarkianos sobre la puntuación en las

cuestiones típicas de evaluación (como nuestra cuestión inferencial n° 4) sugiere una atribución causal a este factor.

Sin embargo, cuando se introduce el nivel de comprensión lectora en el análisis, el efecto de ese factor desaparece. Esto hace ver que las atribuciones hechas a la activación de esquemas alternativos resistentes es quizás cuestionable. Tal vez los propios esquemas alternativos, - al menos en niveles educativos altos-, son también consecuencia de bajos niveles en capacidades básicas: los sujetos no pueden comprender la información y por ello, no pueden modificar sus esquemas de pensamiento. En la medida que logremos aplicar métodos que mejoren estas capacidades, lograremos mejorar la Enseñanza de la Biología.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y
PERSPECTIVAS

CAPÍTULO VI

Conclusiones y Perspectivas

Una vez expuestos y analizados los resultados obtenidos a lo largo de los capítulos anteriores, realizamos una recapitulación de las investigaciones llevadas a cabo. Expondremos las conclusiones y las vías de desarrollo que éstas nos brindan para futuras investigaciones.

Esta investigación recoge 3 experimentos en los cuales hemos estudiado variables del texto, del proceso de manejo de información para dar respuesta a preguntas y variables asociadas a capacidades básicas de los estudiantes, necesarias para procesar y comprender información compleja, como la científica. El interés fundamental ha sido aprender qué variables son importantes para producir una comprensión profunda de las teorías y modelos científicos, tomando como base el tema de la Evolución en biología.

El tema general de nuestro trabajo gira alrededor de la comprensión de los estudiantes sobre el tema de la Evolución Biológica, en especial cuando leen textos educativos. En Didáctica de las Ciencias Experimentales, el aprendizaje de un tema se suele evaluar a través de cuestiones que recorren un amplio abanico en su nivel de exigencia: desde las preguntas literales, para explorar el nivel de retención de la información principal en la memoria a largo plazo, hasta las preguntas inferenciales, que requieren deducción y elaboración de nuevo conocimiento a partir del suministrado, y que exploran el nivel de comprensión causal de antecedentes y consecuencias de las ideas expuestas: aplicaciones a casos prácticos, así como tareas que exigen extracción de ideas principales y jerarquización de las mismas, como los mapas conceptuales o la elaboración de resúmenes.

En general, los didactas se centran en idear y ensayar diseños instruccionales para intentar superar los obstáculos detectados a través de estas pruebas de aprendizaje, lo que incluye estudios epistemológicos de las ideas científicas, errores conceptuales y análisis de materiales de enseñanza. Pero, raramente se estudian en profundidad las causas que residen en los mecanismos cognitivos y metacognitivos de los propios aprendices a la hora de interaccionar con los materiales de aprendizaje y este es el aspecto concreto que incumbe a esta investigación. Hemos pretendido:

1. Averiguar cómo se ve afectado el procesamiento que los estudiantes realizan según algunas variables del texto, en especial las que facilitan las inferencias globales entre ideas distantes.

2. Qué papel juega el nivel de conocimientos previos en el proceso de comprensión y en relación con otras variables. Es interesante valorar cuál es el conocimiento que los estudiantes tienen sobre el tema concreto y, en su caso, la influencia que las ideas alternativas juegan como obstáculos para la comprensión de las ideas científicas expuestas en el texto.

- 3.Cuál es la influencia de ciertas variables asociadas con capacidades básicas de los estudiantes, en particular del nivel de Comprensión Lectora y en nivel de Control de la Comprensión, sobre el modo en que se procesa la información en tareas de búsqueda de información para contestar preguntas inferenciales.

El procesamiento de la información de los aprendices está poco presente en la investigación didáctica y, aunque en general se considera muy importante tratar a los sujetos como constructores activos de conocimientos, en la práctica se suele asumir un modelo de ‘*caja negra*’ para la mente de los sujetos, porque resulta muy difícil entrar en ella y estudiarla. Actualmente estamos todavía lejos de disponer de dispositivos de medida capaces de

sondear la mente y detectar diferencias en la actividad cerebral que estén asociadas a altos o bajos niveles de comprensión, aunque ya existen técnicas incipientes (trabajo con potenciales evocados, estudios con PET, movimientos oculares, etc.). Sin embargo, la psicología cognitiva ha desarrollado estrategias y tecnología para estudiar ese procesamiento de un modo no-directo, dependiendo del nivel de comprensión de los sujetos, como son por ejemplo las diferencias en tiempos de respuesta en las pruebas de reconocimiento de palabras (Manzanero, 2006), los retrasos en los tiempos de lectura cuando se recupera información de la memoria a largo plazo (Singer y Kintsch, 2001), o las diferencias en tiempos de procesamiento cuando se realizan inferencias (Montanero y León, 2004; Cerdan, 2006).

Nosotros estamos interesados en estudiar algunas variables que dependen del propio proceso cognitivo de construcción de representaciones mentales, es decir, el proceso de manejo de información para producir comprensión, y asociarlas con variables de producto, es decir: asociadas al nivel de éxito alcanzado en pruebas de aprendizaje típicas, como las cuestiones inferenciales.

Pero también nos hemos interesado en considerar la importancia de algunas variables metacognitivas, como por ejemplo, la capacidad de controlar la propia comprensión (Campanario y Otero, 2000). A pesar de que las variables metacognitivas han demostrado tener más poder explicativo de los resultados académicos que las variables cognitivas y las variables instruccionales (Ladino, 2005; Baker, 1985), son también poco consideradas en la investigación típica en didáctica de las ciencias. Las conclusiones que podrían derivarse de unos resultados que muestren gran conexión causal entre este tipo de variables internas al sujeto, y el éxito en el aprendizaje de las ciencias, podrían tener mucho calado en el mundo educativo, porque

obligarían a dedicar más la atención a las habilidades básicas, ahora poco consideradas.

En este trabajo, hemos recogido brevemente en primer lugar, el marco teórico de la investigación, centrándonos en el libro de texto como herramienta en la enseñanza de las ciencias, y en los modelos de comprensión lectora en especial el modelo de Kintsch y van Dijk (1978; van Dijk y Kintsch 1983; Kintsch, 1998) que tomamos como referente.

En un segundo capítulo pasamos a describir los procesos de comprensión en el área concreta de la Biología para el tema de La Evolución. Las investigaciones acerca del tema de los conocimientos previos de los alumnos y las variables del sujeto que, sobre la evolución de las especies, se han encontrado como precedentes importantes hasta la fecha.

A partir de esta revisión surge la pregunta de qué habrá sucedido con las ideas alternativas cuando la maduración ha tenido lugar y las capacidades metacognitivas son más elevadas. Personas cultas pueden revisar ideas inconsistentes o poco fiables cuando se le vuelven a plantear. Para conocer el nivel de comprensión de las ideas evolucionistas y los obstáculos que persisten entre la población culta no especialista, se realizó un primer estudio con sujetos universitarios de especialidad no científica. En este estudio encontramos que:

1. Un elevado número de sujetos universitarios acepta el hecho evolutivo, pero no utiliza ideas darvinistas para explicarlo. Aparecen elevados porcentajes de respuestas (superiores al 90%) asociadas con las ideas lamarckianas de evolución por necesidad de sobrevivir (asociado en general con un 'esfuerzo resistente') y de cambio por uso/desuso del órgano.

2. La idea de la evolución como progreso (hacia la perfección) de las especies, asociado quizás con la complejidad, es también una idea arraigada, presente en un 85% de los sujetos universitarios de nuestra muestra.

3. En los estudiantes universitarios se ha explorado el problema del 'Diseño Inteligente' que se asienta sobre una base teleológica. El 80% de ellos se muestra confortable con esta hipótesis, defendida por los creacionistas. Por tanto, a estos estudiantes les resulta todavía difícil aceptar la evolución como consecuencia del azar y la selección acumulativa de pequeñas ventajas. Este dato concuerda con los resultados obtenidos por Firenze (1997), que muestra que, para el caso de órganos complejos, los sujetos no logran comprender el resultado usando únicamente argumentos darvinistas y, entonces, recurren a explicaciones creacionistas. Este aspecto no se exploró con los alumnos de secundaria porque la sinceridad de sus respuestas (iban a estudiar el tema en breve y ser evaluados después), no estaba garantizada.

4. Las ideas alternativas (lamarckianas) de los universitarios no especialistas parecen constituir esquemas explicativos consistentes, ya que hasta el 85% de la muestra escoge estas ideas en 3 ó en las 4 preguntas de que consta el cuestionario 2.

Concluimos de este estudio que las personas no revisan sus ideas alternativas, a pesar de que resultan incoherentes o difíciles de mantener. O bien no se ha producido el incremento de capacidades metacognitivas, o bien este incremento no es suficiente como para producir en las personas una revisión de sus esquemas conceptuales.

Esto motivó las siguientes preguntas de investigación:

- ✓ ¿Qué falla en la comprensión real del evolucionismo científico (como ejemplo de Teoría científica compleja)?

- ✓ ¿Podemos mejorar su enseñanza a través de información bien elaborada y controlable, como los buenos textos?
- ✓ ¿Qué cambios en los textos podrían mejorar la comprensión?

Las preguntas fueron perfilándose y acotándose a medida que avanzaba la investigación hasta concretar los siguientes objetivos:

- ✓ Contribuir a la mejora de los materiales textuales utilizados habitualmente en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Biología. En particular, estudiar el efecto que produce mejorar la coherencia global de estos textos facilitando inferencias entre macroideas.
- ✓ Estudiar el conocimiento previo de los estudiantes cuando llegan a los cursos superiores de ESO. Analizar el efecto que sobre la comprensión de estos materiales textuales típicos tiene el conocimiento previo.
- ✓ Analizar, con detalle el proceso de lectura y construcción de respuestas a preguntas de comprensión. Identificar patrones de conducta en el procesamiento que permita caracterizar los estudiantes con alto rendimiento y a los de bajo rendimiento.
- ✓ Investigar si existen otras variables que expliquen estas diferencias.

Una serie de 3 experimentos consecutivos y enlazados fueron diseñados y realizados para tratar de satisfacer cada uno de estos objetivos. En el Experimento I se trató de contestar a las preguntas básicas acerca del papel del CP y el efecto del aumento de la coherencia global (entre macroideas) en el texto con el fin de facilitar las inferencias que todo estudiante debe hacer para comprender y aprender el contenido de los textos.

Nuestras hipótesis eran:

1. El conocimiento previo de los sujetos influirá en el nivel de comprensión alcanzado, medido por el éxito en la resolución de cuestiones literales e inferenciales. Esperamos que los sujetos de alto Conocimiento Previo (CP) alcancen mejores puntuaciones que los de CP bajo, en tareas que requieran de Modelos de la Situación ricos, como es el caso de tener que responder a preguntas inferenciales que requieren activar conocimientos de la Memoria a Largo Plazo. No se esperan efectos en preguntas literales, cuya respuesta está recogida íntegramente en el texto, ya que no se requiere la activación de conocimiento en la MLP para responder.
2. La facilitación de inferencias globales, necesarias para conectar información contenida en segmentos distantes en un texto científico, mejorará el rendimiento en resolución de cuestiones inferenciales sobre el contenido tratado. Este tipo de cuestiones son típicas en la evaluación del aprendizaje de las Ciencias Experimentales. Esta variable podría interactuar con el CP, ya que los sujetos de bajo CP podrían beneficiarse más que los de alto CP de las mejoras.

Las conclusiones del Experimento I fueron:

1. El análisis del efecto del conocimiento previo, evidencia que esquemas de conocimiento ricos permiten una comprensión mejor de la nueva información medida a través de las puntuaciones obtenidas en preguntas de alto y bajo nivel en función del conocimiento previo. No hay interacción entre esta variable (CP) y la textual, ya que obtenemos mejores resultados tanto para el grupo de bajo conocimiento previo como para el de alto, en el texto manipulado ambos grupos de sujetos.

se benefician de la facilitación de conexiones entre ideas lejanas en el texto original. Es decir: incluso los sujetos de CP alto requieren de estas mejoras, lo que implica que los textos usuales presentan obstáculos evidentes para la comprensión de las ciencias, que pueden ser salvados mediante análisis de coherencia.

2. El factor textual es, generalmente, básico para la comprensión adecuada del texto, obteniéndose diferencias significativas entre la versión experimental y la original en los resultados de comprensión. Los sujetos que leyeron la versión manipulada, mejoraron sus puntuaciones en la prueba final de comprensión, lo que indica que este texto ayuda a realizar las inferencias necesarias para conectar las ideas fundamentales del mismo, produciendo una mejora en las puntuaciones para ambos tipos de preguntas (alto y bajo nivel) en ambos grupos de sujetos (alto/bajo CP).
3. Dentro de estos resultados globales se ocultan, sin embargo, diferencias entre subgrupos de estudiantes que no pueden ser explicadas a través de los dos factores controlados. Por tanto, podemos decir que el tipo de pregunta que los estudiantes resuelven en la lectura de texto no tiene un efecto simple, es más complejo y debe estar controlada por otras variables no contempladas en este experimento.

Lo que nos lleva a plantearnos nuevas cuestiones, tales como:

- ✓ Ante un mismo material de aprendizaje (texto) y un mismo nivel de CP, ¿por qué hay sujetos que aprenden mucho y otros que no aprenden apenas?, ¿qué diferencia un buen aprendiz de uno ineficaz?

- ✓ ¿Existen patrones de lectura o de procesamiento del texto que puedan ser observables y que son característicos de los buenos/malos aprendices?
- ✓ ¿Utilizan unos y otro, estrategias diferentes para procesar información a la hora de contestar cuestiones de comprensión?

Para estudiar si las diferencias en rendimiento en aprendizaje y comprensión del tema están asociadas a diferentes patrones estratégicos es necesario diseñar un experimento en el que se analice el proceso mismo de lectura y procesamiento de la información en una tarea de comprensión como es la resolución de cuestiones. Haciendo uso de la herramienta Read&Answer, pudimos desarrollar un estudio on-line en el que se hace observable y se pueden controlar algunas variables de proceso. Nuestra hipótesis de partida quedó configurada así: El nivel de aprendizaje alcanzado tras el procesamiento del texto está asociado con el uso de estrategias concretas durante la lectura y con el procesamiento de la información para elaborar respuestas.

Estas estrategias caracterizan los sujetos de alto nivel de aprendizaje y los diferencian de los de bajo nivel de aprendizaje. El diseño incluyó las mismas versiones textuales de experimento 1 y se controló el nivel de CP a través de la misma prueba.

Las conclusiones para el Experimento II fueron:

1. Replicación de los resultados obtenidos en el experimento 1:

- 1.1. Podemos mejorar la comprensión del texto, mejorando la coherencia global mediante la facilitación de inferencias para conectar macro-ideas.
- 1.2. El Conocimiento Previo produce diferencias significativas en la comprensión. Estas diferencias se observan, por un lado, en la

velocidad de lectura de la información, ya que, encontramos sujetos de alto CP con velocidades lectoras rápidas, frente a sujetos de bajo CP con velocidades lentas, para ambas versiones textuales. Por otro lado encontramos que el nivel de CP correlaciona con la puntuación obtenida en la prueba final de comprensión

1.3. Aparece una interacción entre el Conocimiento Previo y el texto, si bien con un nivel de significación límite. Los sujetos de bajo conocimiento previo se ven beneficiados en mayor medida que los de alto conocimiento previo por las manipulaciones textuales, al igual que ocurría en el Experimento I.

Estos datos son concordantes con lo encontrado por Vidal-Abarca y colaboradores (2003) en el que encontraron que un incremento en la densidad de relaciones entre las proposiciones del texto facilita que el lector realice una conexión significativa entre las ideas del texto y, por tanto, comprenda mejor. En nuestra investigación encontramos además que:

3. Se confirma la hipótesis y se obtienen patrones de las acciones de los sujetos cuando responden a preguntas fáciles y difíciles. Cuando tratan de responder a cuestiones de alto nivel (inferenciales) y cuando responden a las de bajo nivel (literal), aparecen diferencias en el número total de segmentos de información consultados, en el número de consultas a segmentos pertinentes de información (los que contienen información necesaria para construir la respuesta correcta), en los tiempos totales de consulta y en los tiempos dedicados a consultas pertinentes. Cuando se toman en cuenta el CP y la versión del texto leída, los sujetos que hacen un mayor número de consultas antes de responder, presentan un mayor promedio de acierto. Además, para el caso concreto de las preguntas inferenciales, encontramos que los sujetos que tardan más tiempo en activar por primera vez un segmento pertinente,

obtienen un promedio de respuesta menor que aquellos que tardan menos tiempo. Esta característica no aparece en las preguntas literales, por lo que podemos decir que cuando existe cierta demanda cognitiva, la memorización de la información en el texto, que está asociada a un modelo mental bien elaborado, es básica para mejorar la comprensión en preguntas de alto nivel. En definitiva, podemos decir que las preguntas de bajo nivel (literales) presentan un patrón de búsqueda de respuesta más sencillo que las de alto nivel. Las preguntas inferenciales, requieren de un procesamiento más profundo, que se refleja en los tiempos totales de consulta, en la cantidad de unidades de información consultada y en los porcentajes de segmentos no pertinentes de información consultados.

4. Dos variables únicamente diferencian a los sujetos de alto nivel de comprensión de los de bajo nivel. Una de ellas es que el último segmento de información textual consultado antes de responder (total o parcialmente) la pregunta es pertinente en un porcentaje de ocasiones es significativamente más alto en los sujetos de alto rendimiento. La otra variable se puede apreciar tras un análisis profundo de los procesos de consulta de información textual para responder preguntas difíciles. Llamamos pregunta difícil a aquella que: a) produce un nivel bajo de puntuación en la muestra; b) produce tiempos de consulta antes de responder muy elevados; c) produce un porcentaje elevado de consultas a segmentos no pertinentes porque no se reconoce la información pertinente con facilidad. El estudio de los segmentos consultados por los sujetos de alto y bajo rendimiento, permitió encontrar diferencias significativas en el tipo de segmentos consultados con detenimiento: mientras los sujetos de alto rendimiento se detienen y procesan más tiempo del esperado segmentos pertinentes, los de bajo rendimiento se detienen a procesar más de lo esperado segmentos no pertinentes, pero que contienen

palabras *clave*, presentes en el enunciado de las preguntas. Esto marca una diferencia importante en la clase de procesamiento de estos dos tipos de estudiantes ante preguntas que suponen realmente un problema y que no se saben responder de inmediato. Mientras los sujetos de alto rendimiento procesan las ideas del texto de forma relativamente independientemente del léxico específico del texto, es decir atendiendo al significado de las palabras, los de bajo rendimiento atienden a la literalidad del texto, necesitando procesar las palabras específicas más tiempo del necesario para comprender la información científica. Si esta conclusión se confirmara, las repercusiones educativas serían grandes: existen, entre los estudiantes de los últimos cursos de secundaria y primeros de bachillerato, sujetos que presentan deficiencias en sus habilidades de comprensión lectora, y esto es una causa importante de los obstáculos que muestran en el aprendizaje de las ciencias. Es evidente, que sí existe una falta de habilidades básicas: como es el caso de la comprensión lectora, es difícil solucionar los problemas de aprendizaje que se derivan mediante estrategias instruccionales basadas en re-análisis del contenido.

Por otro lado, parece evidente que los sujetos de alto rendimiento son capaces de detectar que la información de algunos segmentos no es pertinente a pesar de la presencia de indicadores superficiales, como son las palabras que aparecen literalmente en los enunciados de las preguntas. Estos sujetos acuden a consultar estos segmentos, pero son capaces de controlar su comprensión y determinar que esos segmentos no ayudan a producir la respuesta. Asimismo, estos sujetos de alto rendimiento son capaces de dar respuestas de gran calidad, mientras que los de bajo rendimiento producen respuestas de calidad baja, aun consultando los mismos segmentos pertinentes.

Estas conclusiones, nos llevaron a plantear y desarrollar un tercer experimento en el que controlamos la comprensión lectora y la capacidad de

controlar la propia comprensión, para validar la hipótesis de que, en efecto, existe una diferencia en el procesamiento de los sujetos que discrimina entre los de alto y los de bajo nivel de aprendizaje y comprensión.

Nuestra hipótesis quedó formulada de la siguiente forma: *En tareas de búsqueda de información para responder preguntas inferenciales, los estudiantes que presentan bajos niveles de control de la comprensión y/o bajos niveles de comprensión lectora tendrán dificultades para diferenciar la información pertinente de la no pertinente a la hora de procesar ideas y conjuntos de ideas necesarios para comprender el contenido, por lo que cometerán errores bien definidos que podrían ser atribuidos erróneamente a otras causas, como concepciones alternativas a las científicas.*

El Experimento III se diseñó utilizando un único texto elaborado específicamente para este experimento y considerando como variables independientes el conocimiento previo (alto/bajo), la comprensión lectora y el control de la comprensión. Se tomaron dos test de comprensión lectora (CL) y control de la comprensión (CC) de probada eficacia, con objeto de obtener una puntuación para cada sujeto, de forma que podemos clasificarlos según sus niveles de comprensión. Además, para medir la comprensión se elaboraron preguntas de bajo nivel (literales) y preguntas de alto (inferenciales) junto a una serie de preguntas inferenciales diana.

Los resultados más importantes en este Experimento III son:

- Las concepciones alternativas lamarckianas en los alumnos, no están asociadas con el hecho de cometer un error al contestar las preguntas inferenciales diana.
- Cometer el error previsto en ambas preguntas diana está asociado a un nivel bajo de CL.

- Cometer el error previsto en ambas preguntas diana, también se encuentra asociado al nivel de CC que posee el sujeto.
- La puntuación en la pregunta inferencial típica (aplicar a nueva situación) sólo correlaciona con CL, pero no con CP ni con CC.
- Poseer o no esquemas lamarckianos influye sólo en apariencia, en la puntuación de la pregunta inferencial usual, cuando se introduce este factor únicamente en el análisis. Pero si se introduce CL como covariable, el efecto desaparece mientras el de CL es significativo.
- El 50% de los sujetos que cometen errores previstos en preguntas diana, asociados con un procesamiento superficial de la información, puntúan alto en esta pregunta típica (0,75 ó 1 punto).

Por tanto concluimos que:

- Algunas dificultades de comprensión en los sujetos son debidas a procesamientos superficiales del texto.
- Estas dificultades se asocian con déficit en el Control de la Comprensión y en Comprensión Lectora.
- Estas dificultades pueden atribuirse erróneamente a la influencia de esquemas conceptuales alternativos de gran resistencia al cambio por instrucción.
- Algunas preguntas usuales para evaluar aprendizaje (pueden resolverse mediante transferencia analógica) no detectan bien incomprensión de las ideas científicas.

Lo que nos lleva a las siguientes reflexiones:

- Hay que poner más atención al desarrollo de capacidades básicas necesarias para procesar información en niveles académicos altos.
- Deberíamos asegurarnos de que en las tareas propuestas se evalúa la comprensión profunda de la información: buscar variedad de preguntas inferenciales y problemas (no siempre transfer analógico).

A partir de los tres experimentos, podemos formular las siguientes conclusiones generales:

1. Al igual que muchos estudios anteriores encontramos que el Conocimiento previo específico sobre el tema de estudio influye en el nivel de comprensión que los sujetos alcanzan. Los textos científicos, a diferencia de los narrativos, involucran conocimiento no ordinario, no cotidiano, para el que los esquemas de conocimiento no están muy desarrollados (Escudero y León, 2007). La comprensión supone la vinculación de nueva información con la preexistente en esos esquemas de conocimiento. Por tanto, diferencias en el desarrollo de tales esquemas son importantes para la comprensión.

2. Los mecanismos o estrategias que emplean los estudiantes en la resolución de cuestiones están fuertemente influidos por variables textuales que elevan el grado de coherencia global del texto. La comprensión de las Teorías y Modelos científicos exige el procesamiento simultáneo de conjuntos de ideas que se vinculan entre sí conformando auténticas 'redes'. Sin embargo los textos (y los discursos en general) son secuenciales y tan sólo pueden dar cuenta de algunos de esos vínculos. La coherencia local entre ideas adyacentes es fácil de mejorar, pero la

relación entre ideas importantes distantes en el texto no lo es. Sin embargo, facilitar estas relaciones es muy importante para la comprensión.

3. En tercer lugar, las variables de proceso de manejo de información muestran que existen patrones diferentes en el tipo de procesamiento de las preguntas, según su exigencia cognitiva. Pero las diferencias entre sujetos de alto o bajo rendimiento tan sólo se manifiestan en preguntas difíciles, para las cuales los sujetos de alto rendimiento son capaces de distinguir con claridad cuál es la información relevante necesaria y suficiente para elaborar inferencias y crear nueva información no explicitada antes. Ello se mantiene en la línea expuesta por Rouet (2006) quien afirma que las preguntas literales requieren menos recursos atencionales dado que provocan la activación de procesos más “simples” de procesamiento de nuestro sistema cognitivo, mientras que el otro tipo de preguntas requieren un proceso de revisión e integración de la información.

4. En cuarto lugar se muestra que algunas de las dificultades de comprensión que los sujetos de estas edades manifiestan son debidas a déficit en capacidades necesarias para procesar adecuadamente la información. Tal es el caso de la comprensión lectora y del control de la comprensión. Sin embargo estas dificultades son muchas veces atribuidas a esquemas conceptuales alternativos, muy resistentes al cambio por instrucción.

Los resultados obtenidos en torno a la importancia de las variables Control de la Comprensión y Comprensión Lectora, refuerzan la idea que apuntan Campanario y Otero (2000): el *aprender a aprender* sería un medio para mejorar el propio aprendizaje.

Si estos resultados obtuvieran amplia réplica, la conclusión educativa sería obvia: muchos de los obstáculos de aprendizaje observados se deben a la falta de capacidades psicológicas individuales que dificultan o facilitan el aprendizaje de las ciencias, y cuya carencia enmascara la eficacia de los diseños instruccionales que pretenden el cambio conceptual. Esta idea se traduce en la necesidad de reorientar las tareas del profesorado a la hora de transferir capacidades dentro de la Enseñanza de las Ciencias. Montanero et al. (2002) señalan para el caso de las Ciencias Sociales la necesidad de poner en marcha un programa de *intervención estratégica de niveles* que logre crear un puente entre el entrenamiento básico y la aplicación de estrategias de comprensión, mediante actividades que potencien la explicitación consciente de estrategias y la práctica sistematizada con contenidos específicos.

Nuestra investigación muestra líneas abiertas para continuar explorando. En lo que se refiere al Experimento II sería interesante conocer con mayor detalle el proceso de búsqueda de información textual para responder cuestiones. Utilizando la herramienta Read&Answer, pero introduciendo como covariables el Control de la Comprensión y la Comprensión Lectora. Esto resultaría un aspecto importante para analizar nuevamente los patrones llevados a cabo por los sujetos durante el proceso de búsqueda de información y respuesta de cuestiones, permitiendo reforzar las conclusiones alcanzadas en el tercer experimento, que nos permita asentar que dichas variables marcan las diferencias significativas importantes entre sujetos de alto o bajo rendimiento.

Cabría plantearse también la posibilidad de reproducir el Experimento II con sujetos de bachillerato con bajo conocimiento previo, y empleando textos de refutación de ideas erróneas o de sentido común. Ello permitiría estudiar si existe asociación entre ciertas estrategias y acciones durante la lectura y/o la resolución de cuestiones, y la competencia metacognitiva.

Se ha estudiado en la literatura que la capacidad de detectar contradicciones en un texto está relacionada con las capacidades metacognitivas de control de la comprensión. Ello nos sugiere la idea de estudiar con medidas on-line qué hacen los estudiantes cuando detectan o no detectan la contradicción en la propia pregunta. Por ejemplo: ¿hay diferencias en los tiempos de lectura de la pregunta con contradicción, entre los sujetos detectores y no detectores? ¿Hay problemas de comprensión de la pregunta o problemas en el almacenamiento de la información en la memoria, o problemas de recuperación de esta información ante la pregunta? Intentar dar respuesta a alguna de estas preguntas es el objetivo de próximos estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrams, E. (2001) The how's and why's of biological change: how learners neglect physical mechanisms in their search of meaning. *International Journal of Science Education*, 23(12) 1271-1281
- Ackerman, P.L. (1988). Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 288-318.
- Adúriz Bravo, A. y Meinardi, E. (2000). Uso del modelo cognitivo de ciencia para interpretar las ideas sobre evolución en futuros profesores de ciencias. *II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*. Córdoba, Argentina.
- Anderson, J.R. (1983) *The architecture of cognition*. Harvard University Press: Cambridge, MA.
- Anderson, T.H. y Armbruster, B.B. (1982). Reader and text-studying strategies. En W. Otto y S. White (Eds.). *Reading Expository Material*. NY: Academic Press.
- Anderson, T.H. y Armbruster, B.B. (1986) Readable textbook or selecting a textbook is not like buying a pair of shoes. En J. Orasau (Ed) *Reading Comprehension: from research to practice*. Hillsdale: Erlbaum.
- Anderson, J. y Bower, G.H. (1973). *Memoria asociativa*. Mexico. Limusa (trad. Cast. 1977)
- Anderson, R.C. y Pearson, D.P. (1984) A schema theoretic view of basic processes in reading comprehension. En D.P. Pearson (Ed) *Handbook of reading research*. New York Longman.
- Astudillo, H. y Gene, A. (1984) Errores conceptuales en Biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias*. 2 (1), 15-17
- Atterman, R y Cookmen Lawren, A. (1990) Some computational experiments in summarization. *Discourse Processes*. 13(2) pp 143- 150
- Ausubel, D.P. y Novack, J.D. y Hanesian, H. (1983) *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. Mexico. Trillas.

- Ayuso, E. y Banet, E. (2002a). Pienso más como Lamarck que como Darwin: Comprender la herencia biológica para entender la evolución. *Alambique IX* (32), 39-47.
- Ayuso, E. y Banet, E. (2002b). Alternativas a la Enseñanza de la Genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157
- Ayuste, A. (1994). *Planteamientos de la Pedagogía Crítica*. Barcelona, GRAO.
- Banet, E. y Ayuso, E. (2003). Teaching of Biological Inheritance and Evolution of living beings in Secondary School. *International Journal of Science Education*. 25(3), 373-407.
- Baker, L. (1979) Comprehension monitoring: Identifying and coping with text confusions. *Journal of Reading Behavior*, 11, 363-374.
- Baker, L. (1985) Differences in the standards used by college students to evaluate their comprehension of expository prose. *Reading Research Quarterly*, 20, 297-313.
- Baker, L. (1991) Metacognition, reading and science education. En C. M. Santa, D. Alvermann (Eds.) *Science learning: Processes and applications*, International Reading Association: Newsdale, Delaware-EE.UU.
- Baker, L. (1994). Metacognición, lectura y educación científica, en Minnick Santa C. y Alvermann, D.E. (Eds.) *Una didáctica de las ciencias, procesos y aplicaciones*. Argentina: Aique.
- Best, R., Rowe, M., Ozuru, Y. y McNamara, D (2005). Deep Level Comprehension of Science Texts: The Role of the Reader and Text. *Topix in Language Disorders*, 25, 65-83.
- Bishop, B.A., y Anderson, C.W. (1985). *Evolution by natural selection: A teaching module* (Occasional Paper, No. 91). East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.
- Bishop, B. y Anderson, C.W. (1990) Student Conceptions of Natural Selection and its role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5) 415-427
- Blackwell Will, H; Powell Martha, J; Dukes George, H. (2003) Review the problems of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*. 37(2) 58-64.

- Botella Corral, J. et al. (2005) *Análisis de Datos en Psicología I. Teoría y Ejercicios*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Bransford, J.D., Barclays, J.R. y Franks, J.J. (1972) Sentence memory: a constructive versus interpretative approach. *Cognitive Psychology*, 3, 193-209.
- Brewer, W.J. (1982) Literary theory, rhetoric and stylistics: Implications for psychology. En R.J. Spiro, B.C. Bruce, W.F. Brewer (Eds) *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale: Erlbaum.
- Britton, B.K., Glynn, S.M., Meyer, B.J:F: y Penland, M.J. (1982) Effects of test structure on use of cognitive capacity during reading. *Journal of Educational Psychology*, 74, 51-61.
- Britton, B.K. Gülgöz, S., Van Dusen, L., Glyn, S.M. y Sharp, L. (1991). Accuracy of Learnability Judgments for Instructional Texts. *Journal of Educational Psychology*. 83(1), 43-47.
- Britton, B.K. y Gülgöz, S. (1991) Using Kintsch's computational model to improve instructional text: Effects of repairing inference calls on recall and cognitive structures. *Journal of Educational Psychology*, 83 (3), 329-345.
- Britton B. K. Stimson, M., Stennett, B., and Gülgöz, S. (1998) Learning from Instructional Text: Test of an individual differences model. *Journal of Educational Psychology*. 90(3), 476-491.
- Brooks, L.W. y Dansereau, D.F. (1983). Effects of estructural schema training and text organization on expository prose processing. *Journal of Educational Psychology*, 75, 811-820.
- Brown, A.L. Day, J.D. y Jones, R.S. (1983) The development of plans for summarizing texts. *Child Development*. 54, 968-979.
- Bunge, M. (2000) *Fundamentos de la biofilosofía*. Mexico. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Caldeira, H. (2005). Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser? *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 167-184.
- Campanario, J.M. y 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.

- Caravita, S., y Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 89–111.
- Carrasquer Zamora, J. (2001). *Análisis del concepto ecológico de descomponedores en la enseñanza secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Charrier Mellián, M.; Cañal, P.; Rodrigo Vega, M. (2006) Las Concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 401-410.
- Chen, A. (2002) Analogical problem solving: A hierarchical analysis of procedural similarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 28 (1), 81-98
- Chi, M.T.H. y Slotta, J.D. (1993). The ontological coherence of intuitive physics. *Cognition and Instruction*. 10, 249-260.
- Chi, M.T.H., De Leeuw, N., Chiu, M. y Lavancher, C. (1994) Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Chi, M.T.H. (2000) *Self-explaining Texts: The dual processes of Generating Inferences and Repairing Mental Models*. En R. Glaser (Ed.) *Advances in Instructional Psychology* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (in press).
- Cerdan, R. (2006) Integration information from multiple documents. Tesis Doctoral. Universitat de València. Servei de Publicacions.
- Cerdán, R., Vidal-Abarca, E., Gil, L., Gilabert, R., Martínez, T. (2003) Search and Comprehension Processes in Learning from Text. Poster presentado en el *Thirteenth Annual Meeting of the Society for Text and Discourse*. Madrid, España.
- Claugh, E.E. y Wood-Robinson, C. (1985) How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19, 125-130
- Cobos Cano, P.L. (2005) *Conexionismo y Cognición*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Coleman, E.B., Brown, A.L. y Rivkin, I. D. (1997). The effect if Instructional Explanations on Learning from scientific texts. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(4), 347-365.

- Conde, G (1983). Actividad práctica de Genética de poblaciones para alumnos de COU. *Enseñanza de las Ciencias*,: 1(2), 115-119
- Cote, N., Goldman, S.R., & Saul, E.U (1998). Students making sense of informational text: Relations between processing and representation. *Discourse Processes*, 25, 1-53.
- Coté, N., y Goldman, S.R. (1999). Building representations of informational text: Evidence from children's think-aloud protocols. En H. Van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*, 169-193. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cook, L.K. y Mayer, R.E. (1988) Teaching readers About the Structure of Scientific Text. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 448-456.
- Cummins, C.L. y Remsen, J.V. jr (1992) Research suggestions for studying student conceptions of ultimate and proximate causation. Proceedings of Evolution Education Research Conference. Baton Rouge. LA.
- Dagher, Z. y Boujaoude, S. (1997) Scientific views and beliefs of college students: The case of Biological Evolution". *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5) pp 429-445.
- Dee-Lucas, D. y Larkin, J.H. (1986). Novices strategies for processing scientific texts. *Discourse Processes*, 9, 329-354.
- Dee-Lucas, D., y Larkin, J.H. (1990) Organization and comprehensibility in scientific proofs or "Considerer a particle p..." *Journal of Educational Psychoogy*, 82, 701-714.
- Demastes, S.S., Good Roland, G. y Peenles, P. (1996). Patterns of conceptual change in Evolution". *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4). 407-431.
- Demastes, S.S.; Good Roland, G. y Peebles, P. (1995). Student's Conceptual Ecologies and the process of Conceptual Change in Evolution". *Science Education*. 79(6), 637-666.
- Dijkstra, K., Zwaan, R.A., Graesser, A.C., y Magliano, J.P. (1994). Character and reader emotions in literary texts. *Poetics*, 23, 139-57.
- Driver, R. Guesne, E. y Tiberquien, A. (1989) *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: MEC y Morata.

- Duffy, T.M. (1989). Models for the desing of Instructional Texts. *Reading Research Quarterly*, 24(4), 434-457.
- Elosua De Juan, M.R. (2000). *Procesos de la comprensión, memoria y aprendizaje de textos*. Madrid: Editorial Sanz y Torres.
- Escudero, I. y León, J.A. (2007) *Procesos inferenciales en la comprensión del discurso escrito. Influencia de la estructura del texto en los procesos de comprensión*. *Revista signos*. Valparaiso. [online]. 40(64), 311-336. Disponible en: www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-09342007000200003&lng=en&nrm=iso.
- Favrel, J. y Barrouillet, P (2000) On the relation between representations constructed from text comprensión and trasitive inference production. *Journal of ExperimentalPsycology: Learning, Memory and Cognition* 26(1), 187-203
- Ferguson-Hessler, M.G. y De Jong, T. (1990) Studyng Physics Texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 7. 41-54
- Firenze, R. (1997). Have the Creacionists already won? Or The Teaching of Faux-Biology. *Reports of the National Center for Science Education*, 17(2), 10-14
- Fisher, P.M. y Mandl, H. (1984). Learner, text variables and control of text comprehension and recall. En H. Mandl, N.L. Stein y T. Terabasso (Eds.), *Learning and comprehension of text*. Hillsdale: Erlbaum.
- Fortes, M.C., Latorre, A. y Sanfeliz, F. (2001) Psicología de la instruccio: els processons d'aprenentatge en l'area de ciencias experimentals. En Garcia, F.J. y Doménech, F.(Eds.). *Psicología de la instruccio:l'aprenentatge dels continguts escolars*. Universitat Jaume I.
- Forrester, D.L. y Waller, T.G. (1980). What do children know about their reading and study skills? Ponencia presentada en: *The annual meeting of American Educational Research Association*. Boston.
- Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (1998) *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academis Publisher. London.
- Frederiksen, J.R. (1982) A compenential theory of reading skills and their interactions. En R. J. Sternberg (ed.) *Advances in the psychology of human intelligence*. Hillsdale:Erlbaum.

- Gándara Gómez de la, M. (1997) Hacia la configuración de la “Ciencia escolar”. El problema de la transposición didáctica de la noción de adaptación biológica. *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Huelva. Pérez, R. y Wanda A. (Ed).
- Gándara Gómez de la, M. (1999). La transposición didáctica del concepto de *adaptación biológica*. Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza.
- Gándara Gómez, M. de la.; Gil, M.J. y Sanmartín, N. (2002). Del modelo científico de “adaptación biológica” al modelo de “adaptación biológica” en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 303-314.
- García Barros, M. y Martínez Losada, M^aC. (2006) Las ideas del alumnado sobre nutrición en el último ciclo de Primaria y el primero de Secundaria Obligatoria. *Educación científica: tecnologías de la información y la comunicación y sostenibilidad [Archivo de ordenador]* Zaragoza, 13-16
- García Madruga, J.A. y Martín Cordero, J.I. (1987) *Aprendizaje, comprensión y retención de textos* Madrid UNED.
- Gene, A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp 22-27
- Gentner, D., Loewenstein, J. y Thomson, L. (2003) Learning and transfer: a general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 393-408
- Gil, G. y Artola, T. (1985). *La lectura*. En J. Mayor (Ed.) *Psicología del pensamiento y del lenguaje* (C 11) Madrid. UNED.
- Gilabert, R. (1995): Enseñanza de estrategias para la inferencia del significado de las palabras. *Infancia y Aprendizaje*, 72, 139-152.
- Glendeg, A.M. Wilkinson, A.C. y Epstein, W. (1982) The illusion of knowing: Failure in the self-assessment of comprehension. *Memory and Cognition*, 10, 597-602.
- Golden, R.H. y Rumelhart, D.E. (1993) A parallel distributed processing model of story comprehension and recall. *Discourse Processes*, 16(3) pp 203-208

- Goldman, S.R. y Saul, E.V. (1990). Applications for tracking reading behavior on the Macintosh. *Behaviour, Research Methods, Instruments and Computers*, 22(6), 526-532.
- Gould, S. (1977). The readability of School Biology Textbooks. *Journal of Biological Education*, 11(4), 248-252.
- González Galli, L. Andúriz-Bravo, A. y Meinardi, E. (2005). El Modelo Cognitivo de Ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la Evolución Biológica. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra VII Congreso*.
- Graesser, A.C.; Goodman, S.M. (1985) Implicit knowledge, question answering, and the representation of expository text. En B.K. Britton, J.B. Black (Eds.) *Understanding expository texts*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey-EE.UU.
- Graesser, A. C. y Hemphill, D. (1991). Question answering in the context of scientific mechanisms. *Journal of Memory and Language*, 30, 186-209.
- Graesser, A.C., Scotty, C., Whitten, S., Olde B., Pomeroy, V. y Lu, S. (2005). Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 103-128.
- Grau, R y De Manuel, J (2002). Enseñar y aprender evolución: Una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique IX* (32).
- Grau, R (1993); Revisión de las concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1); 87-89 "EXPERIENCIAS DE AULA"
- Greene, E.D. (1990) The logic of University student's misunderstanding of Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Grupo de investigación Aprendizaje y Comprensión de Textos (2005) *TPC y TEC-e. Diagnóstico de procesos y estrategias de comprensión lectora*. . Extracto de la Memoria de Proyecto de Investigación. Instituto Calasanz de Ciencias de la Educación (ICCE).
- Harris, A.J. y Sipay, E. (1980). *How to increase reading ability*. NY: Longman.
- Heim Werner, G. (2002). Natural Selection among playing cards. *American Biology Teacher*, 64(4).

- Hunt, E. (1986) Capacidad Verbal. En R. J. Sternberg (Ed.) *Las capacidades humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información*. Barcelona. Labor.
- Ibarra Murillo, J.; Gil Quílez, M^a.J. (2005). Enseñar los cambios ecológicos en la Secundaria: Un reto en la transposición didáctica. *Enseñanza de las Ciencias* 23(3); 345-396.
- Ishiwa, K., Otero, J., Sanjosé, V., Caldeira, H., Piedade, V. y Fernández, P. (2006) ¿Qué no entienden los alumnos cuando leen textos de ciencias?: Depende de sus metas de lectura... *XIX Congreso de Enciga*, 133. Póboa de Varzim, Portugal.
- Izquierdo, M. (2005). Estructuras retóricas en los libros de ciencias. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 35, 11-34.
- Jiménez Aleixandre, M^a P. (2004). El modelo de evolución de Darwin y Wallace en la enseñanza de la biología. *Alambique X* (42), 72-80.
- Jiménez Aleixandre, M^a P. (2002). Aplicar la idea de cambio biológico. ¿Por qué hemos perdido el olfato? *Alambique IX* (32), 48-55.
- Jiménez Aleixandre, M^aP. (1991) Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 248-256.
- Jiménez Aleixandre, M^a.P. (1994). Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 519-535.
- Jiménez Aleixandre, M^a P. (1989). Los esquemas conceptuales sobre la Selección Natural: Análisis y propuestas para un cambio conceptual. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Jiménez, J.D. y Perales, F.J. (2001) Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito y a las ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 1-17.
- Jungwirth, E. (1975) The problem of teleology in biology as a problem of biology-teacher education. *Journal of Biological Education*, 9, 243-246
- Just, M.A. y Carpenter, P.A. (1987) *The Psychology of reading and language comprehension*. Boston. Allyn and Bacon.

- Kardas, C. y Howell, K.L. (2000). Effect of epistemological beliefs and topic specific beliefs on undergraduates cognitive and strategic processing of dual positional text. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 524-535
- Keeves, J. P. (1998). Methods and processes in research in science. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education, Part Two*, 1127-1153. Kluwer Academic Publishers
- Kempa, R.F. (1986). Resolución de problemas de Química y Estructura Cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 99-110.
- Kempa, R.F. y Nicholls, C.E. (1983). Problem-solving and Cognitive Structure: An exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, 5, 171-184.
- Kintsch, W. (1988). The role of Knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95 (2), 163-182.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kintsch, W. (1993). Information accretion and reduction in text processing: Inferences. *Discourse Processes*, 16, 193-202.
- Kintsch, W. y Yarbrough, J.C. (1982) Role of rhetorical structure in prose comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 74 824-834.
- Kintsch, W. (2004) The Construction-Integration model of text comprehension and its implications for instruction. In R. Ruddell & N. Unrau (Eds.) *Theoretical Models and Processes of Reading*. 5th Edition, International Reading Association.
- Ladino, O. y Tovar, G. (2005). Evaluación de las estrategias metacognitivas para la comprensión de textos científicos. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra*. VII Congreso.
- Lawson, A.E. (1988). The acquisition of Biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? *Journal of Research in Science Teaching*, 25(3), 185-199.
- Lehman, D. y Schram, G. (2002) Effects of coherence and relevance on shallow and deep text processing. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 738-750
- Lehardt, G. y Schwartz, B.B. (1997) Seeing the problems: An explanation from Pólya. *Cognition and Instruction*, 15(3), 395-434.

- León Gascón, J.A. (2003). Una introducción a los procesos de inferencias en la comprensión del discurso. En León Gascón, J.A. (Ed) *Conocimiento y Discurso: Claves para Inferir y Aprender*. Madrid: Pirámide.23-43.
- León Gascón, J.A., Escudero, I. y van Broek, P. (2000) Genre of the text and the activation of elaborate inferences: A cross-cultural study based on a think aloud task. Trabajo presentado en el 10º Encuentro Anual de la Sociedad para el Texto y el Discurso. Lyon. France. En León, J.A. (2001) *Las Inferencias en la comprensión e interpretación del discurso: Un análisis para su estudio e investigación*. *Revista Signos*, 34(49-50), 113-125. Valparaiso.
- León Gascón, J.A., Escudero, I. y van Broek, P. (2003) La influencia del género del texto en el establecimiento de inferencias elaborativas. En León Gascón, J.A. (Ed) *Conocimiento y Discurso: Claves para Inferir y Aprender*. Madrid: Pirámide.153-170.
- León Gascón, J.A. y Peñalba, G.E. (2002) Understanding causality and temporal sequence in scientific discourse. En J.C. Otero, J.A. León, A.C. Graesser (Eds.) *The psychology of science text comprehension* (pp. 199-221). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- León, J.A. y Slisko, J. (2000). La dificultad comprensiva de los textos de Ciencias. Nuevas alternativas para un viejo problema educativo. *Psicología Educativa*, 6(1), 7-26.
- Leonard, N.G. (1987) Does the presentation style of questions inserted into text influence understanding and retention of science concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 27-37.
- Levin, G. (1978). *Prose models*. New York Harconut Brace Jovanoich.
- Limón, M., y Carretero, M. (1997). Conceptual change and anomalous data: a case study in the domain of natural sciences. *European Journal of Psychology of Education*, 22 (2), 213–230.
- Macias, A., Castro, J.I. y Maturano, C.I. (1999). Estudio de algunas variables que afectan la comprensión de textos de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 431-440.
- Magliano, J.P., Trabasso, T. y Graesser, A.C. (1999) Strategic processing during comprehension . *Journal of Educational Psychology*, 91, 615-629

- Manzanero, A.L. (2006) Procesos Automáticos y Controlados de Memoria: Modelo Asociativo (HAM) vs Sistema de Procesamiento General Abstracto. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 59(3), 373-412.
- Markman, E. (1977). Realizing that you don't understand: A preliminary investigation. *Child Development*, 48, 986-992.
- Márquez, C y Prat, A. (2005) Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), 431-440
- Maturano, C.; Soliveres, M. A. y Macías, A. (2002) Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 415-425.
- Maturano, C. Mazzitelli, C. y Macías, A. (2006) ¿Cómo los estudiantes regulan la comprensión cuando leen un texto instructivo con dificultades? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 5(2), 235-246.
- Mayer, R.E. (1983) Thinking problem solving and cognition. New York freeman. Edición corregida. 1992 (Trad cast. De A. Baravalle, de la primera edición Pensamiento, resolución de problemas y cognición. Barcelona: Paidós, 1986)
- Mayer, R.E. (1989). Models for Understanding. *Review of Educational Research*, 59(1), 43-64.
- Mayor, J. y Vega. M. (1992): *Memoria y representacion*. Madrid:Alhambra
- Mazzitelly, C. y León, J.A. (2001). Las estrategias de aprendizaje en un programa de hipermedia: Implicaciones para la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. *Psicología Educativa*, 7(2), 153-177.
- McComas William, F. (1997) The discovery an Nature of Evolution by Natural Selection: Misconceptions and Lessons from the History of Science *The American Biology Teacher*, 59(8), 492-500.
- McNamara, D.S. (2001). Reading both high-coherence and low coherence texts: Effects of text sequence and prior knowledge. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55, 51-62.
- McNamara, D., Kintsch, E., Songer, N. y Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14 (1), 1-43

- Millis, K., y Graesser, A.C. (1994). The time-course of constructing knowledge-based inferences for scientific texts. *Journal of Memory and Language*, 33, 583-599.
- Mitchell, D.C. (1983) *The process of reading*. New York. J. Wiley
- Montanero Fernández, M. y León Gascón, J.A. (2004). La comprensión de textos multicausales en el área de Ciencias Sociales. *Revista de Educación*, 333, 409-424.
- Montanero Fernández, M., Blázquez, F. y León Gascón, J.A. (2002). Enfoques de intervención psicopedagógica para la mejora de las capacidades de comprensión en la Educación Secundaria. *Infancia y Aprendizaje*, 25(1), 37-52.
- Montanero, M. y León, J.A. (2001). Acepciones “sustantiva” y “adjetiva” del concepto de estrategia. *Estudios de Psicología*, 22(3), 345-356.
- Myers, G. (1991) Lexical cohesion and specialized knowledges in science and popule science texts. *Discourse Processes*, 14(1), 1-26
- Norris, S y Phillips, L. (1994) Interpreting Pragmatic Meaning when Reading popular reports of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 31(9), 947-967.
- Ohlsson, S. y Bee, N.V. (1992). The effect of expository texts on student’s explanations of biological evolution. *OERI Report. Learning Research and Development Center*. University of Pittsburg.
- Olsson, L. (1991). The Radioprogram Allemasland. En Selander, S. (1995) *Análisis del texto pedagógico. Libros de texto y construcción de materiales curriculares*. Proyecto Sur. Granada.
- Otero, J.C. (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.C. y Campanario, J.M. (1990) Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 447-460.
- Otero, J.C., Campanario, J.M., y 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.

- Otero, J.C., León, J.A., Graesser, A.C. (2002.) *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- O-Saki, K.M. y Samiroden, D. (1990). Children's conceptions of living and dead. *Journal of Biological Education*, 24(3). pág. 199-207
- Parcerisa, A. (1996): *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona, Graó
- Pardo Merino, A. y Sanmartin, R. (2006) *Análisis de Datos en Psicología II*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Perfetti, Ch. A. (1986) Capacidad de lectura. En R. J. Sternberg (Ed) *Las capacidades humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información*. Barcelona. Labor.
- Perry Robert, T. (1993) Using different examples of Natural Selection when teaching Biology. *American Biology Teacher*, 55(4)
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pozo, J.I. (1996) *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza
- Puente Ferreas, A. (2005) *Cognición y Aprendizaje. Fundamentos Psicológicos*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Rouet, J.F., Britt, M.A. Masson, R.A. y Perfetti, C.A. (1996). Using multiple sources of evidence to reason about history. *Journal of Educational Psychology*, 88 (3), 478-493.
- Rouet, J.F. Vidal-Abarca, E. Bert-Erboul, A. y Millogo, V. (2001). Effects of information search task on the comprehension of instructional text. *Discourse Processes*, 131(2), 163-186
- Rouet, J.F. (2006) *The Skills of Document Use: From Text Comprehension to Web-Based Learning*. Lawrence Erlbaum Associates. Mahwah, New Jersey.
- Rumelhart, D.E. (1980) *Schemata: the building blocks of cognition*. En R.J. Spiro, B.C. Bruce W.F. Brewer (Eds) *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale. Erlbaum

- Sanjose López, V. Solaz Portolés, J.J. y Vidal-Abarca Gómez, E. (1993) Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2) pp. 137-148.
- Sanjose, V y Vidal-Abarca, E. (1998). Levels of comprehension of scientific prose: the role of text variables. *Learning and Instruction*, 8(3), 215-233
- Samarapungavan, A. y Milikowsks, M. (1992). Knowledge acquisition in Evolutionary Biology. *International Journal of Psychology*. 27, 589-600.
- Samarapungayan, A. y Reinout Wiers, W. (1997) Children's thought on the origin of species. A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21(2) 147-177.
- Santelices, L. (1990) La comprensión de la lectura en textos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 8, pp. 59-64.
- Scardamalia, M. y Bereiter, C. (1984). Development of strategies in text processing. En H Mandl, N.L. Stein y Trabasso, T. (Eds.) *Learning and Comprehension Text*. Hillsdale: Erlbaum.
- Schilders, M.; Boersma K. y Sloep, P. (2007). *Enculturation and the apparent incompatibility of religion and the theory of evolution*. Developing Potentials for Learning. Earli. 12th Biennial Conference for Research on Learning and Instruction. Budapest. Hungria. 163.
- Schootz, W. et al. (1993) How do success and unsuccessful learners use texts and graphics. *Learning and Instruction*. vol: 3(3) pp 117.
- Settlage, J.jr. (1994). Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31:5, 449-457.
- Shankar, G. y Skoog, G.D. (1993) Emphasis given Evolution and Creationism by Texas High School Biology Teachers. *Science Education* 77(2) 221-233.
- Singer, M. y Kintsch, W. (2001). Text retrieval: A theoretical exploration. *Discourse Processes*, 31(1) pp 27-59
- Skoug, G. y Biollica, K. (2002) The emphasis given to evolution in state science standards. A lever for change in evolution education?. *Science Education* 4(86) 445-450.
- Spiro, R.J. Y Taylor, B.M. (1987) On investigating children's transition from narrative to expository discourse: the multidimensional nature or

- psychological text classification. En R. J. Tierney, P.L. Anders, J.N. Mitchell (Eds) *Understanding reader's understanding*. Hillsdale. Erlbaum.
- Strike, K.A. y Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En: Duschl, R.A. y Hamilton, R.J. (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp.147-176). New York: State University of New York Press.
- Strube, P. (1989) A content analysis of arguments and explications presented to students and explications presented to students in physical science textbooks: a model and a example. *International of Science Education*, 11, 195-202.
- Solaz, J.J. (1994) Análisis de las interacciones entre variables textuales, conocimiento previo del lector y tareas, en el aprendizaje de textos educativos de física y química. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Sober, E. (1996) *Filosofía de la Biología*. Madrid: Alianza.
- Swinney, D.A. y Osterhout, L. (1990): Inference generation during auditory language comprehension. En Graesser, A. y Bower, G.H.(Eds.) *The Psychology of Learning and Motivation: Inference and Text Comprehension*. New York: Academic Press.
- Troyer, A.K. y Craik, F.I. (2000) The effect of divided attention on memory for ítems and their context. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54(3),pp. 161-170
- Tamir, P. y Garcia, M.P. (1992) Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain). *International Journal of Science Education*,14, pp 381-392.
- Taylor, Ch. (2007) *Where is the threshold in understanding the concept of evolution?* Developing Potentials for Learning. Earli. 12th Biennial Conference for Research on Learning and Instruction. Budapest. Hungria.
- Tolman, R. (1981). Student Performance in lower division collegiate general biology programs in selected community collages and Four-year Institutions in Oregon. *Journal of Research in Science Teaching*, 8 (2), 105-112.
- Trabasso, T. y Magliano, J.P. (1996). Conscious understanding during text comprehension. *Discourse Processes*, 21, 255-287.
- Troyer, A.K., y Craik, F.I.M. (2000). The effect of divided attention on memory for items and their context. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 161-170.

- Van Dijk, J.A. y Kintsch, W. (1978) Toward a Model of Text Comprehension and Production. *Psychological Review*, 85(5), 363-393.
- Van Dijk, J.A. y Kintsch, W. (1983) *Strategies of discourse comprehension*. New York. Academic Press.
- Vidal-Abarca, E., Gilabert, R. (2003) Revisión de textos: cómo hacer mejores los textos expositivos para el aprendizaje. En J.A. León (Ed) *Conocimiento y Discurso. Claves para inferir y comprender*. 185-204. Madrid: Pirámide.
- Vidal-Abarca, E. Gilabert, R. y Abad, N. (2002). Una propuesta para hacer buenos textos expositivos hacia una tecnología del texto expositivo. *Infancia y Aprendizaje*, 25 (4), 499-514
- Vidal-Abarca, E., Gilabert, R. y Rouet, J.F. (2005). El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias (The role of adjunct questions in science textbook). *Tarbiya (Revista de investigación e innovación educativa del ICE de la Universidad Autónoma de Madrid)*, 36, 129-147.
- Vidal-Abarca, E., Gilabert, R. y Rouet, J.-F. (1998). The role of question type on learning from scientific text. *Meeting on Comprehension and production of scientific texts*. Aveiro (Portugal), July 8-10, 1998.
- Vidal-Abarca, E., y Martínez, G., Gilabert, R. (2000). Two procedures to improve instructional text: Effects on memory and learning. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 1-10.
- Vidal-Abarca, E., Reyes, H., Gilabert, R., Calpe, J., Soria, E. y Graesser, A. (2002). ETAT: Expository Text Analysis Tool". *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 34(1), 93-107.
- Vidal-Abarca, E. Sanjosé, V y Solaz. J.J. (1994) Efectos de las adaptaciones textuales, el conocimiento previo y las estrategias de estudio en el recuerdo, la comprensión y el aprendizaje de textos científicos. *Infancia y Aprendizaje*, 75-90
- Vienott, L (1979). *La Raisonement Spontané en Dynamique Elementaire Spontaneous reasoning in elementary mechanics*. Paris: Hermann.
- Voss, J. F. & Wiley, J. (1997). Conceptual understanding in history. *International Journal of Research in Education*, 27(3), 255-265.
- Wallin, A., Hagman, M. y Olander, C. (2000). Teaching and learning about the biological evolution: conceptual understanding before, during and after

teaching. Ponencia presentada en: 3th *conference of European Researchers in Didactic of Biology*, Santiago de Compostela, Spain.

White, R.T. y Tisher, r.p. (1986). Research on Natural Science. Wittorck (Ed.) *Handbook of Reserarch on Teachin.*, 874-905. McMillan Publishing Company. NY.

Wood Robinson, C. (1994) Young people's ideas about inheritance and Evolution. *Studies in Science Education*, 24(1) 29-43

ANEXOS

ANEXO I.
EXPERIMENTO I
CUESTIONARIO DE
CONOCIMIENTOS PREVIOS.

CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTOS PREVIOS

POR FAVOR REDONDEA LA OPCIÓN CORRECTA.

- 1.- La Teoría de la “Selección Natural” consiste en:
 - d) El incremento progresivo de la proporción de los individuos con más potencia muscular.
 - e) La muerte periódica de los individuos menos adaptados producida por una catástrofe natural.
 - f) La supervivencia y reproducción de los individuos más adaptados.

- 2.- La Teoría de la Evolución afirma que todas las especies de seres vivos:
 - d) Aparecieron simultáneamente en la tierra.
 - e) Han aparecido en momentos diferentes de la historia.
 - f) No han cambiado desde su aparición hasta hoy.

- 3.- Según Lamarck, podríamos decir que las jirafas tienen el cuello largo a consecuencia de:
 - d) Modificaciones ventajosas seguidas por azar en su dotación hereditaria.
 - e) Continuos estiramientos para poder comer las hojas de las copas de los árboles.
 - f) Su relación de parentesco con otras especies animales que tenían el cuello muy desarrollado.

- 4.- Según la teoría evolucionista de Lamarck, los caracteres adquiridos durante la vida de un animal:
 - D. Pueden heredarse todos.
 - E. No pueden heredarse nunca.
 - F. Pueden heredarse sólo si son cambios notables.

- 5.- Según Darwin, la evolución de las especies hay que considerar:
 - d) Las proporciones de machos y hembras en la comunidad.
 - e) La posibilidad para las comunidades de obtener recursos ilimitados en el medio.
 - f) La limitación en los recursos naturales disponibles para las comunidades de seres vivos.

- 6.- Según Darwin, la evolución de las especies comienzan por:
 - d) Cambios genéticos beneficiosos surgidos al azar en algunos individuos dentro de su comunidad.
 - e) Esfuerzos de los individuos por obtener recursos vitales y sobrevivir en un medio ambiente amenazador.
 - f) Transformaciones provocadas en los individuos por catástrofes naturales que modifican sus cuerpos.

7.- El término “Selección Natural” es un concepto de la teoría evolucionista de :

- d) Lamarck
- e) Darwin
- f) Ambos científicos

8.- Según la teoría evolucionista de Darwin, las serpientes son reptiles que no tienen extremidades porque:

- d) No las usaban, debido al modo en que obtienen sus recursos, arrastrándose entre la hierba.
- e) Desde su aparición sobre la tierra, no han tenido patas, a diferencia del resto de reptiles.
- f) No tener patas, lo que surgió por azar, supuso una ventaja para obtener recursos vitales en su comunidad.

9.- En la teoría de Darwin, los individuos mejor adaptados son:

- d) Los que logran aprender durante su vida cómo aprovechar los recursos más eficientemente que los demás.
- e) Los que ganan a los demás la competición por los recursos naturales y se reproducen con éxito.
- f) Todos los que nacen con una característica corporal que los diferencia del resto de individuos de la comunidad.

Ev3 P

TEXTO A LA EVOLUCIÓN

Nombre: María.....Apellidos: Burgos Sierra.....
Centro: IES Riba-roja..... Curso: 1^{er} C Fecha: 25-3-03
Fecha nacimiento: 7-1-1986.....

Cuestionario Previo sobre "Evolución de las Especies"

Por favor, elige la respuesta correcta según tu criterio.
Sólo una opción es correcta.

Redondea la alternativa correcta (A – B – C) en cada una de las preguntas siguientes

- 1) La Teoría de la Evolución afirma que todas las especies de seres vivos:
 - A. Aparecieron simultáneamente en la Tierra
 - B. Han aparecido en momentos diferentes de la Historia
 - C. No han cambiado desde su aparición hasta hoy

- 2) Según la teoría evolucionista de Lamarck, los caracteres adquiridos durante la vida de un animal:
 - A. Pueden heredarse todos
 - B. No pueden heredarse nunca
 - C. Pueden heredarse sólo si son cambios notables

- 3) Según Lamarck, podríamos decir que las jirafas tienen el cuello largo a consecuencia de:
 - A. Modificaciones ventajosas surgidas por azar en su dotación hereditaria
 - B. Continuos estiramientos para poder comer las hojas de las copas de los árboles
 - C. Su relación de parentesco con otras especies animales que tenían el cuello muy desarrollado

- 4) Según Darwin, la evolución de las especies comienza por:
 - A. Cambios genéticos beneficiosos surgidos al azar en algunos individuos dentro de su comunidad.
 - B. Esfuerzos de los individuos por obtener recursos vitales y sobrevivir en un medio ambiente amenazador.
 - C. Transformaciones provocadas en los individuos por catástrofes naturales que modifican sus cuerpos.

- 5) Según Darwin, para explicar la evolución de las especies hay que considerar:
 - A. Las proporciones de machos y hembras en la comunidad.
 - B. La posibilidad para las comunidades de obtener recursos ilimitados en el medio.
 - C. La limitación en los recursos naturales disponibles para las comunidades de seres vivos.

- 6) El término "Selección Natural" es un concepto de la teoría evolucionista de :
 - A. Lamarck
 - B. Darwin
 - C. Ambos científicos

- 7) En la teoría de Darwin, los individuos mejor adaptados son:
 - A. Los que logran aprender durante su vida cómo aprovechar los recursos más eficientemente que los demás.
 - B. Los que ganan a los demás la competición por los recursos naturales y se reproducen con éxito.
 - C. Todos los que nacen con una característica corporal que los diferencia del resto de individuos de la comunidad.

- 8) La teoría de la "Selección Natural" consiste en:
 - A. El incremento progresivo de la proporción de los individuos con más potencia muscular.
 - B. La muerte periódica de los individuos menos adaptados producida por una catástrofe natural.
 - C. La supervivencia y reproducción de los individuos más adaptados.

- 9) Según la teoría evolucionista de Darwin, las serpientes son reptiles que no tienen extremidades porque:
 - A. No las usaban, debido al modo en que obtienen sus recursos, arrastrándose entre la hierba.
 - B. Desde su aparición sobre la Tierra, no han tenido patas, a diferencia del resto de reptiles.
 - C. No tener patas, lo que surgió por azar, supuso una ventaja para obtener recursos vitales en su comunidad.

ANEXO II.
EXPERIMENTO I
TEXTOS Y CUESTIONARIOS
UTILIZADOS

Ev3 P

TEXTO A LA EVOLUCIÓN

Nombre: DAVINA.....Apellidos: Pons.....ORTIGA.....
Centro: I.E.S. RIBA ROJA.....Curso: 1º Bac. B. Fecha: 28.03.03
Fecha nacimiento: 05.01.1986.....

Texto sobre
"Evolución de las Especies"

Por favor, estudia el texto siguiente leyéndolo atentamente al menos dos veces.

Desde hace cientos de millones de años, la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja. Los seres vivos primitivos eran muy sencillos y se nutrían de sustancias orgánicas más simples aún. Por otra parte, los seres vivos unicelulares se agruparon, formando agrupaciones sencillas. Dentro de estas agrupaciones, algunas células se especializaron. Se formaron los primeros organismos pluricelulares, quizá parecidos a las actuales esponjas. Algunos adquirieron la posibilidad de flotar, como las medusas. Otros, lograron desplazarse gracias a sencillos órganos, semejantes a las aletas. Parece que en el transcurso de muchos millones de años, ciertos animales que vivían en las proximidades de la tierra se adaptaron a vivir en ella. Al cabo del tiempo estos animales, adquirieron la posibilidad de vivir tanto en la tierra como en el agua. Transcurridos muchos millones de años, otros se especializaron en vivir en un ambiente seco.

La evolución explica el origen de todos los seres vivos emparentando unos con otros por medio de la herencia de los caracteres genéticos. Las primeras observaciones sobre la posible evolución de los seres vivos proceden de los antiguos griegos. Sin embargo, hasta hace más de un siglo, los biólogos no se atrevieron a formular ninguna teoría sobre la evolución. Según la primera teoría propuesta por Lamarck, las características adquiridas a lo largo de la vida, por ejemplo, los músculos desarrollados por un atleta, se heredan por sus descendientes. La teoría de Lamarck se ha abandonado porque se demostró que las variaciones corporales no pueden heredarse de padres a hijos. Un animal al que le falte una pata no tiene por qué producir descendientes sin esa pata.

La teoría admitida actualmente fue propuesta por Darwin a mediados del siglo pasado. Darwin observó que en todos los seres vivos se producían variaciones en su estructura. Algunas eran perjudiciales para el individuo, pero otras eran favorables. Darwin propuso que los seres vivos que sufrían variaciones beneficiosas podían estar mejor adaptados al ambiente. Estos seres vivos tenían más posibilidades de tener una larga vida, de reproducirse y de transmitir las variaciones genéticas. Según Darwin, a lo largo de generaciones, se fueron produciendo muchos pequeños cambios. Si estos cambios facilitaban la supervivencia, se originaban individuos con caracteres distintos de los caracteres que tenían sus lejanos antecesores.

Durante la reproducción, al formarse los cromosomas de las células sexuales, resultan nuevos organismos de características genéticas distintas a las de sus progenitores. Así se originan nuevos organismos, todos distintos entre sí, y mejor o peor adaptados al ambiente. Los genes de la célula reproductora de un ser vivo varían en el transcurso de su vida. A este cambio accidental se le llama mutación. Normalmente, una mutación origina una cierta deficiencia. En unos pocos casos, la mutación origina un individuo con mejores características. Se calcula que las mutaciones se producen

normalmente en la naturaleza, una vez por cada millón de individuos. Pero hay factores ambientales que producen mutaciones más frecuentes, por ejemplo, ciertas sustancias químicas o la radioactividad.

Imaginemos que el proceso de la evolución actúa sobre una población de ovejas de una región fría. En esta población una oveja podría sufrir una variación o una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana. Esta oveja estaría mejor adaptada que el resto para resistir el frío. La oveja sobreviviría un mayor número de estaciones y podría producir más descendientes que otra del rebaño. De esta forma aparecerán ovejas mejor adaptadas que el resto de la población. Al cabo de mucho tiempo se originará una variación en la especie, y aumentará cada vez más el número de ovejas que poseen ese determinado gen. Se habrá producido una selección de la especie. Al cabo del tiempo, las ovejas menos adaptadas pueden llegar a desaparecer.

CUESTIONARIO FINAL

1 - Una ballena puede experimentar una mutación que origina un aumento de la cantidad de grasa en la piel. Al cabo de un tiempo, el número de ballenas con la citada mutación aumenta considerablemente. ¿Por qué?. Razónalo de la forma más completa que puedas.

Porque se reproducen entre sí.

2 - Explica brevemente que quiere decir que la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja.

Que a la vez según va transcurriendo el tiempo hay más animales se adaptan mejor al medio, hay mejores condiciones de vida y muchas más cosas favorables para los seres vivos que no las había antes.

3-. Explica cómo es posible que unos seres vivos sean diferentes de sus antecesores.

0'5 Porque al formarse los cromosomas de las células sexuales resultan nuevos organismos con características diferentes.

4-. Después de que una oveja sufra una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana, ¿cómo es que aparecen ovejas mejor adaptadas que el resto de la población? Razónalo de la forma más completa que puedas.

Porque todas las que están mejor adaptadas que el resto de la población tiene dicho gen. 1a = 0'33

5-. Explica lo que quiere decir que "Lamarck y Darwin formularon teorías sobre la evolución de las especies"

Lamarck nos habla de que las características son hereditarias.

Darwin nos habla de las variaciones beneficiosas de los seres vivos.

TEXTO C

LA EVOLUCIÓN

Nombre: CRISTINA..... Apellidos: PAZDES PÉREZ.....
Centro: I.E.S. RIBA-RÓJA..... Curso: 1.º BAC-B. Fecha: 29. Marzo. 2003.
Fecha nacimiento: 14. Marzo. 1986...

Texto sobre
"Evolución de las Especies"

Por favor, estudia el texto siguiente leyéndolo atentamente al menos dos veces.

Desde hace cientos de millones de años, la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja. Los seres vivos comenzaron siendo tan simples como una bacteria para llegar a ser tan evolucionados como los mamíferos. Los seres vivos primitivos eran muy sencillos y se nutrían de sustancias orgánicas más simples aún. Por otra parte, los seres vivos unicelulares se agruparon, formando agrupaciones sencillas. Dentro de estas agrupaciones, algunas células se especializaron. Se formaron los primeros organismos pluricelulares, quizá parecidos a las actuales esponjas. Algunos adquirieron la posibilidad de flotar, como las medusas. Otros, lograron desplazarse gracias a sencillos órganos, semejantes a las aletas. Parece que en el transcurso de muchos millones de años, ciertos animales que vivían en las proximidades de la tierra se adaptaron a vivir en ella. Al cabo del tiempo estos animales, adquirieron la posibilidad de vivir tanto en la tierra como en el agua. Transcurridos muchos millones de años, otros se especializaron en vivir en un ambiente seco.

Las teorías de la evolución tienen que explicar cómo se ha podido llegar a la situación actual en la que hay seres tan evolucionados como perros, monos u hombres partiendo de formas de vida tan elementales como las descritas antes. La evolución explica el origen de todos los seres vivos emparentando unos con otros por medio de la herencia de los caracteres genéticos. Las primeras observaciones sobre la posible evolución de los seres vivos proceden de los antiguos griegos. Sin embargo, hasta hace más de un siglo, los biólogos no se atrevieron a formular ninguna teoría sobre la evolución. Según la primera teoría propuesta por Lamarck, las características adquiridas a lo largo de la vida, por ejemplo, los músculos desarrollados por un atleta, se heredan por sus descendientes. La teoría de Lamarck se ha abandonado porque se demostró que las variaciones corporales no pueden heredarse de padres a hijos. Un animal al que le falte una pata no tiene por qué producir descendientes sin esa pata.

La teoría admitida actualmente fue propuesta por Darwin a mediados del siglo pasado. Darwin observó que en todos los seres vivos se producían variaciones en su estructura o en la forma de su cuerpo (tamaño, longitud de las extremidades). Algunas eran perjudiciales para el individuo, pero otras eran favorables. Darwin propuso que los seres vivos que sufrían variaciones beneficiosas podían estar mejor adaptados al ambiente. Estos seres vivos tenían más posibilidades de tener una larga vida, de reproducirse y de transmitir las variaciones genéticas. Según Darwin, a lo largo de generaciones, se fueron produciendo muchos pequeños cambios. Si estos cambios facilitaban la supervivencia, se originaban individuos con caracteres distintos de los caracteres que tenían sus lejanos antecesores.

En el siglo pasado cuando Darwin formuló su teoría, se desconocían los mecanismos de variación genética que hacen que aparezcan nuevos seres diferentes de

sus padres. Durante la reproducción, al formarse los cromosomas de las células sexuales, resultan nuevos organismos de características genéticas distintas a las de sus progenitores. Así se originan nuevos organismos, todos distintos entre sí, y mejor o peor adaptados al ambiente. Otra forma en que los organismos llegan a ser distintos de sus progenitores es cuando los genes de la célula reproductora de un ser vivo varían en el transcurso de su vida. A este cambio accidental se le llama mutación. Normalmente, una mutación origina una cierta deficiencia. En algunos casos, esta deficiencia es grave y puede llegar a producir la muerte del individuo. En unos pocos casos, la mutación origina un individuo con mejores características. Se calcula que las mutaciones se producen normalmente en la naturaleza, una vez por cada millón de individuos. Pero hay factores ambientales que producen mutaciones más frecuentes, por ejemplo, ciertas sustancias químicas o la radioactividad.

Imaginemos que el proceso de la evolución actúa sobre una población de ovejas de una región fría teniendo en cuenta lo que sabemos sobre cómo se transmite la herencia genética. En esta población una oveja podría sufrir una variación o una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana. Esta oveja estaría mejor adaptada que el resto para resistir el frío. La oveja sobreviviría un mayor número de estaciones y podría producir más descendientes que otra del rebaño. De esta forma aparecerán ovejas mejor adaptadas que el resto de la población. ¡Acuérdate que las características genéticas se transmiten de padres a hijos! Al cabo de mucho tiempo se originará una variación en la especie, y aumentará cada vez más el número de ovejas que poseen ese determinado gen. Se habrá producido una selección de la especie. Al cabo del tiempo, las ovejas menos adaptadas pueden llegar a desaparecer.

CUESTIONARIO FINAL

1 - Una ballena puede experimentar una mutación que origina un aumento de la cantidad de grasa en la piel. Al cabo de un tiempo, el número de ballenas con la citada mutación aumenta considerablemente. ¿Por qué?. Razónalo de la forma más completa que puedas.

Debido a dicha mutación, hay factores ambientales que producen mutaciones más frecuentes, y es el ejemplo que cita de las sustancias químicas o de la radioactividad.

2 - Explica brevemente que quiere decir que la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja.

Pues que con el paso del tiempo se hace más difícil la vida en la tierra; probablemente porque los seres humanos también la vamos complicando un poco más; pero siempre con la intención de ser nosotros los beneficiarios.

3 - Explica cómo es posible que unos seres vivos sean diferentes de sus antecesores.

Porque cada ser vivo tiene unas necesidades y cuando algo cambia... sus cualidades de forma de vida también van cambiando y esto se nota con el paso de un largo tiempo.

4 - Después de que una oveja sufra una mutación favorable en el gen responsable de la producción de lana, ¿cómo es que aparecen ovejas mejor adaptadas que el resto de la población? Razónalo de la forma más completa que puedas.

Aparecen ovejas mejor adaptadas que el resto por el hecho de la ~~base~~ herencia... etc.

5 - Explica lo que quiere decir que "Lamarck y Darwin formularon teorías sobre la evolución de las especies"

Que investigaron sobre dicho tema. Se intentaron sacar conclusiones con respecto a lo que ellos pensaban; y simplemente idearon nuevas teorías.

ANEXO III

EXPERIMENTO II

**TEXTO UTILIZADO EN LOS
ENSAYOS CON READ&ANSWER.**

TEXTO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS CON READ&ANSWER

LOS COMETAS

Los cometas son cuerpos celestes formados principalmente por hielo y partículas de polvo. Giran en torno al Sol con órbitas elípticas muy acusadas, por ello pasan unas veces muy cerca del Sol y otras muy lejos. Cuando pasan cerca, el hielo de su superficie se convierte en vapor. Este vapor, unido a las partículas de polvo, origina una característica cola, que puede tener hasta 100 millones de kilómetros de longitud.

El más conocido es el cometa Halley, que se puede ver desde La Tierra cada 76 años. La última vez fue en 1986. Durante esta visita, un séquito de sondas espaciales, entre ellas la sonda espacial europea Giotto, se aproximó a él para conocer mejor su estructura y composición. Las imágenes obtenidas mostraban un núcleo muy oscuro y fantásticos surtidores de gas y de polvo que surgían de su interior.

Los meteoritos son pequeños fragmentos rocosos procedentes del espacio que caen sobre La Tierra. Al precipitarse sobre La Tierra, los meteoritos de mayores dimensiones originan grandes hundimientos circulares en el terreno, denominados cráteres. En cambio, los de menor tamaño se encienden y desintegran al chocar con la atmósfera terrestre, dejando un rastro visible al que llamamos meteoro o estrella fugaz.

Ciencias de la Naturaleza. ESO Primer ciclo (página 55). Editorial Marjal. 1996.

CUESTIONES UTILIZADAS

- 1.- ¿Cuánto puede medir la cola de un cometa?
- 2.- ¿Cuándo fue la última vez que pudo verse el cometa Halley en La Tierra?
- 3.- ¿Qué clase de meteoritos no producen cráteres? ¿Por qué?

ANEXO IV
EXPERIMENTO III
TEST CONTROL DE LA
COMPRESIÓN.

Se muestran dos ejemplos. Un primer sujeto que apenas detecta contradicciones y un segundo que sí lo hace.

SUJETO 1:

(Por favor, no pases la página hasta que te lo indique el profesor)

CUESTIONARIO 1

Nombre: Lourdes Puchades Gallego.

Curso: 4^o S.O.

Este cuestionario forma parte de una investigación educativa sobre textos de ciencias. Estamos interesados en la comprensión de textos de diferentes estilos. Por eso te presentamos un conjunto de fragmentos de textos de ciencias de diversos libros.

La dificultad de comprensión de textos es debida con frecuencia a una mala redacción de los mismos y no, necesariamente, a una deficiencia de la persona que los lee. Necesitamos tu ayuda para conocer las dificultades que se pueden encontrar al leer estos fragmentos.

Pasos a seguir en cada uno de los textos:

1.-Lee con mucha atención el texto.

2.-Indica el grado en que lo comprendes, de acuerdo con la siguiente escala:

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende con <u>cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

3.-En caso de que encuentres alguna dificultad de comprensión, subraya la frase o las frases en las que encuentres el problema y explica, lo más claramente posible, en que consiste esa dificultad en el espacio que se ofrece para eso.

4.-Analiza los textos por el orden en que aparecen. **NO vuelvas nunca atrás.**

¡Muchas gracias por tu colaboración!

(Pasa la página cuando te lo indiquen, por favor)

Superconductividad

La superconductividad consiste en la desaparición de la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Hasta ahora la superconductividad solamente se ha conseguido sometiendo ciertos materiales a temperaturas muy bajas, próximas al cero absoluto. Esto dificulta enormemente sus aplicaciones técnicas. Muchos laboratorios trabajan actualmente en la obtención de aleaciones superconductoras. Recientemente se han descubierto muchos materiales con esta propiedad.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encontraste el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Se entiende bastante bien, lo explica claramente.

Materiales cerámicos.

La estructura molecular de los materiales cerámicos es la responsable de sus propiedades. En los materiales cerámicos las ligaduras interatómicas son fuertes y rígidas. No hay posibilidad de mover ninguno de sus átomos sin provocar la rotura del enlace. Cualquier fisura en el material puede provocar una catástrofe. Bajo cualquier presión exterior las fuerzas se concentran junto a la fisura, lo que hace que la fisura se amplíe. Esta fragilidad de los materiales cerámicos se debe a que sus ligaduras interatómicas son débiles y poco rígidas.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentres el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

no entiendo lo que son las ligaduras interatómicas.

CI (3)

Helio en la atmósfera

Los átomos del gas helio son tan poco pesados que la fuerza de gravedad no consigue impedir que se escapen al espacio exterior. El helio existe en la atmósfera en muy baja concentración. El gas que se escapa no regresa jamás. El helio se forma lentamente por desintegración del uranio y del torio. El helio así formado se acumula poco a poco en hendiduras y cavidades, y pasa de ahí a la atmósfera. Por eso la concentración de helio en la atmósfera es elevada.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encontraste el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

no se entiende.

Los neutrinos y su detección

Los neutrinos son partículas con masa casi nula. Su detección es muy difícil porque no son afectados por fuerzas magnéticas ni nucleares. Para detectarlos es necesario disponer de una gran cantidad de agua en un lugar profundo donde no haya interferencia de otras radiaciones. Esta gran cantidad de agua es necesaria porque los neutrinos interaccionan muy poco con la materia. En diversos países han instalado detectores de neutrinos que serán útiles en el futuro.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentre el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

se sobre entiende bien.

Plásticos resistentes al fuego

Los químicos orgánicos procuran obtener plásticos que resistan el fuego. Estos plásticos solo se pueden obtener mediante reacciones químicas complicadas. Las aplicaciones técnicas de estos plásticos son muy variadas. La rentabilidad económica de estos plásticos es también bastante grande. Por esta razón esta área de investigación ha experimentado recientemente un gran desarrollo. Mediante reacciones químicas simples se puede obtener plásticos que resisten el fuego.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encontraste el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Si que se entiende bien.

La energía de fusión nuclear

La energía de fusión nuclear es uno de los sueños de la humanidad. Durante 35 años se ha intentado controlar la fusión nuclear y hoy todavía no se ha conseguido. El problema reside en que, para conseguir la fusión nuclear, tenemos que hacer chocar un núcleo atómico contra otro. Pero los núcleos atómicos están cargados positivamente y se repelen entre sí. El combustible que se usa es el deuterio. Actualmente ya se ha conseguido controlar la fusión nuclear.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentraste el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Se entiende bien aunque era un poco porque primero dice que hoy todavía no se ha conseguido controlar y al final dice que actualmente ya se ha conseguido controlar la fusión nuclear.

SUJETO 2:

(Por favor, no pases la página hasta que te lo indique el profesor)

CUESTIONARIO 1

Nombre: *Alejandro*

Curso: *4º B*

Este cuestionario forma parte de una investigación educativa sobre textos de ciencias. Estamos interesados en la comprensión de textos de diferentes estilos. Por eso te presentamos un conjunto de fragmentos de textos de ciencias de diversos libros.

La dificultad de comprensión de textos es debida con frecuencia a una mala redacción de los mismos y no, necesariamente, a una deficiencia de la persona que los lee. Necesitamos tu ayuda para conocer las dificultades que se pueden encontrar al leer estos fragmentos.

Pasos a seguir en cada uno de los textos:

1.-Lee con mucha atención el texto.

2.-Indica el grado en que lo comprendes, de acuerdo con la siguiente escala:

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende con <u>cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

3.-En caso de que encuentres alguna dificultad de comprensión, subraya la frase o las frases en las que encuentres el problema y explica, lo más claramente posible, en que consiste esa dificultad en el espacio que se ofrece para eso.

4.-Analiza los textos por el orden en que aparecen. **NO vuelvas nunca atrás.**

¡Muchas gracias por tu colaboración!

(Pasa la página cuando te lo indiquen, por favor)

Superconductividad

La superconductividad consiste en la desaparición de la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Hasta ahora la superconductividad solamente se ha conseguido sometiendo ciertos materiales a temperaturas muy bajas, próximas al cero absoluto. Esto dificulta enormemente sus aplicaciones técnicas. Muchos laboratorios trabajan actualmente en la obtención de aleaciones superconductoras. Recientemente se han descubierto muchos materiales con esta propiedad.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	③	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentre el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Considero que para la gente de mi nivel, aleaciones y cero absoluto, no se podrían entender si previamente no se conocía algo del tema.

Materiales cerámicos.

La estructura molecular de los materiales cerámicos es la responsable de sus propiedades. En los materiales cerámicos las ligaduras interatómicas son fuertes y rígidas. No hay posibilidad de mover ninguno de sus átomos sin provocar la rotura del enlace. Cualquier fisura en el material puede provocar una catástrofe. Bajo cualquier presión exterior las fuerzas se concentran junto a la fisura, lo que hace que la fisura se amplíe. Esta fragilidad de los materiales cerámicos se debe a que sus ligaduras interatómicas son débiles y poco rígidas.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende mal	Se comprende con cierta dificultad	Se comprende relativamente bien	Se comprende bien
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentraste el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Pienso que es de difícil comprensión ligaduras interatómicas y rotura del enlace si no se conoce el tema. También he notado que se contradice porque al principio dice: "son fuertes y rígidas las ligaduras interatómicas" y al final pone, que son débiles.

DR (8)

Helio en la atmósfera

Los átomos del gas helio son tan poco pesados que la fuerza de gravedad no consigue impedir que se escapen al espacio exterior. El helio existe en la atmósfera en muy baja concentración. El gas que se escapa no regresa jamás. El helio se forma lentamente por desintegración del uranio y del torio. El helio así formado se acumula poco a poco en hendiduras y cavidades, y pasa de ahí a la atmósfera. Por eso la concentración de helio en la atmósfera es elevada.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentres el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Se contradice en las oraciones, "El helio existe en la atmósfera en muy baja concentración" y al final pone, "Por eso la concentración de helio en la atmósfera es elevada".

DI (7)

Los neutrinos y su detección

Los neutrinos son partículas con masa casi nula. Su detección es muy difícil porque no son afectados por fuerzas magnéticas ni nucleares. Para detectarlos es necesario disponer de una gran cantidad de agua en un lugar profundo donde no haya interferencia de otras radiaciones. Esta gran cantidad de agua es necesaria porque los neutrinos interaccionan muy poco con la materia. En diversos países han instalado detectores de neutrinos que serán útiles en el futuro.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende <u>mal</u>	Se comprende <u>con cierta dificultad</u>	Se comprende <u>relativamente bien</u>	Se comprende <u>bien</u>
1	2	3	④

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentraste el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Se diría con una masa casi nula.

Plásticos resistentes al fuego

Los químicos orgánicos procuran obtener plásticos que resistan el fuego. Estos plásticos solo se pueden obtener mediante reacciones químicas complicadas. Las aplicaciones técnicas de estos plásticos son muy variadas. La rentabilidad económica de estos plásticos es también bastante grande. Por esta razón esta área de investigación ha experimentado recientemente un gran desarrollo. Mediante reacciones químicas simples se puede obtener plásticos que resisten el fuego.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende mal	Se comprende con cierta dificultad	Se comprende relativamente bien	Se comprende bien
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentras el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

También se vuelve a contradecir en las oraciones: "Estos plásticos solo se pueden obtener mediante reacciones químicas complicadas" y al final pone: "Mediante reacciones químicas simples se pueden obtener plásticos que resisten el fuego!"

La energía de fusión nuclear

La energía de fusión nuclear es uno de los sueños de la humanidad. Durante 35 años se ha intentado controlar la fusión nuclear y hoy todavía no se ha conseguido. El problema reside en que, para conseguir la fusión nuclear, tenemos que hacer chocar un núcleo atómico contra otro. Pero los núcleos atómicos están cargados positivamente y se repelen entre sí. El combustible que se usa es el deuterio. Actualmente ya se ha conseguido controlar la fusión nuclear.

¿Cómo se comprende este texto? (Rodea con un círculo tu valoración)

Se comprende mal	Se comprende con cierta dificultad	Se comprende relativamente bien	Se comprende bien
1	2	3	4

En el caso de que hayas encontrado alguna dificultad, subraya la frase o frases en que encuentras el problema y explica ahora, lo más claramente posible, en que consiste la dificultad.

Se vuelve a contradecir en lo subrayado.

DR (8)

ANEXO V
EXPERIMENTO III
TEST DE COMPRENSIÓN LECTORA.

TPC

Test de Procesos de Comprensión Comprensión Lectora

Nombre:.....Apellidos:.....Edad:.....

Fecha:.....Centro:.....

Curso:.....

INSTRUCCIONES

Este es un test de comprensión, es decir, una prueba para valorar Tu comprensión cuando lees textos. El test consiste en leer dos textos de una página cada uno, y después contestar unas preguntas. Para contestar, debes elegir una alternativa entre cuatro respuestas posibles teniendo en cuenta que solamente una de ellas es correcta. Marcarás la alternativa correcta en la HOJA DE RESPUESTAS, pero NO el cuadernillo Original.

En resumen, para hacer el test debes hacer lo siguiente:

- 1) Lee el primer texto
- 2) Contesta las preguntas marcando la respuesta correcta EN LA HOJA DE RESPUESTAS. Puedes RELEER EL TEXTO siempre que quieras para ayudarte a contestar mejor las preguntas.
- 3) SI QUIERES CORREGIR la alternativa que has marcado porque te has dado cuenta de que no es correcta, TACHALA CLARAMENTE, y marca la otra alternativa que consideres correcta.
- 4) Cuando termines el primer texto haz lo mismo con el segundo.

TEXTO 1: EL PINGÜINO

El pingüino es un ave que se cuenta por millones y que no conoce el hemisferio Norte. Vive en lugares muy diversos. Sólo algunas especies se han adaptado a lugares cálidos como las islas Galápagos, pero la gran mayoría de los pingüinos prefiere las regiones frías de Sudamérica, y de continentes como África, Australia y sobre todo, la Antártida, que es su hábitat más común ya que no hay sol la mayor parte del año. Los científicos han descrito 17 especies. Los más pequeños son los pingüinos azules que viven en Australia y miden 40 centímetros. La especie más grande es el elegante pingüino Emperador, enigmático habitante de la eterna noche invernal del Polo Sur, que llega a medir hasta 130 centímetros y puede pesar más de 30 kilos.

En lo que coinciden todos los pingüinos es en el recubrimiento de su cuerpo. Tienen una espesa capa de grasa y sobre ella un abrigo de plumas cortas y muy densas colocadas de tal manera que forman cámaras de aire aislantes del frío ambiente. También coinciden en su solidaridad, es decir, se ayudan unos a otros, incluso sin ser de la misma familia, lo que les permite hacer frente a los paisajes hostiles y climas duros en los que viven.

Pero lo más enternecedor y original es su comportamiento reproductor. Los pingüinos Adelia, una de las especies de pingüinos antárticos, incuban sus huevos y crían a sus pequeños turnándose el macho y la hembra. Suelen formar parejas estables con bajísimo número de divorcios. Mientras uno se queda con el huevo, el otro progenitor se aleja hasta el agua para buscar comida. Después del nacimiento, ambos padres siguen compartiendo el cuidado de los polluelos y la búsqueda de comida. Comen peces y krill, un crustáceo parecido a diminutas gambas muy abundante en las aguas del Polo Sur y que sirve también de alimento para las ballenas.

Sin embargo, en el caso del pingüino Emperador, otra de las especies antárticas, es el padre el que asume toda la incubación del huevo durante nueve semanas. En ese tiempo, la madre se marcha a la costa en busca de algo para comer. No es un viaje de placer, tendrá que poner los cinco sentidos en sus travesías para no ser devorada por alguno de sus peores enemigos. En el agua, el peligro mayor son las orcas; en el borde del casquete polar también acechan las focas Leopardo, animales grandes y solitarios, con cara de pocos amigos. Ambos disfrutan enormemente zampándose pingüinos. Mientras la madre está fuera, el padre sobrevive echando mano de sus michelines, o reservas de grasa.

Una vez que nace el polluelo del pingüino Emperador, viene a darle el relevo su esposa, que asume la cría del pequeño durante seis semanas. Durante ese tiempo, el macho emprende largas y pesadísimas caminatas de hasta 160 kilómetros en busca de la gran mariscada que le reponga de la paternidad; cuidar el huevo le ha supuesto perder hasta un tercio de su peso corporal. Cuando el pequeño ya ha cumplido alrededor de 7 semanas, lo llevan a las guarderías que se montan en las enormes comunidades de pingüinos del Polo Sur, bajo la atenta vigilancia de unos pocos adultos responsables. De esta forma ambos miembros de la pareja pueden marcharse en busca de comida.

PREGUNTAS DEL TEXTO 1

RECUERDA QUE DEBES CONTESTAR LAS PREGUNTAS EN LA HOJA DE RESPUESTAS

1. **¿Qué forma cámaras de aire en los pingüinos?**
 - a) Las plumas que recubren su cuerpo
 - b) La capa de grasa que recubre el cuerpo
 - c) Un abrigo de pelo que tapa su cuerpo
 - d) Una piel especial que recubre su cuerpo

2. **¿Qué tienen en común todos los pingüinos?**
 - a) El continente donde viven y el recubrimiento de su cuerpo
 - b) El recubrimiento y el tamaño de su cuerpo
 - c) La ayuda que se prestan y el tamaño de su cuerpo
 - d) El recubrimiento de su cuerpo y la ayuda que se prestan

3. **Los pingüinos Adelia tienen un comportamiento reproductor original porque:**
 - a) Los pingüinos Adelia crían e incuban sus huevos
 - b) Los padres se ayudan para incubar y cuidar a las crías
 - c) Son los machos Adelia los que incuban los huevos
 - d) Cambian de pareja mientras cuidan de los huevos

4. **El krill es:**
 - a) Un pequeño pez que sirve de alimento a pingüinos y ballenas
 - b) Un crustáceo que se alimenta de peces y vive en el Polo Sur
 - c) Una especie de gamba que sirve de alimento a los pingüinos
 - d) Un crustáceo que se alimenta de gambas, al igual que los pingüinos

5. **¿Qué hacen los pingüinos Emperador nada más nacer la cría?**
 - a) Los padres cuidan juntos del pequeño durante varias semanas
 - b) El macho cuida a la cría y la hembra busca comida
 - c) Dejan a la cría al cuidado de adultos responsables y van a buscar comida
 - d) La hembra cuida a la cría mientras el macho se va a buscar comida

6. **Entre los pingüinos Emperador la incubación del huevo la realiza:**
 - a) El pingüino Emperador macho
 - b) Primero el macho y luego la hembra, indistintamente
 - c) El macho o la hembra
 - d) Primero la hembra y luego el macho

7. **¿Qué animales se comen a los pingüinos?**
 - a) Orcas y focas
 - b) Ballenas y orcas
 - c) Osos y ballenas
 - d) Focas y osos

8. Un ejemplo de la solidaridad de los pingüinos Emperador es que:

- a) El pingüino Emperador macho incuba los huevos
- b) El macho y la hembra se turnan para cuidar a sus hijos
- c) Pingüinos adultos cuidan de grupos de pingüinos pequeños
- d) Pueden hacer frente a paisajes hostiles y climas muy duros

9. ¿Por qué el macho y la hembra de pingüinos Emperador pueden marcharse juntos en busca de comida?

- a) Porque el pequeño pingüino ya puede vivir solo
- b) Porque hay pingüinos que habitan en el Polo Sur
- c) Porque dejan a la cría escondida
- d) Porque otros pingüinos adultos cuidan de sus hijos

10. Los pingüinos Emperador y los pingüinos Adelia se diferencian en:

- a) La forma de organizar el cuidado de las crías
- b) El lugar donde viven
- c) El recubrimiento de su cuerpo para aislarse del frío
- d) La clase de alimentos que comen

TEXTO 2: LOS SIOUX

Hace más de doscientos años, en la mayor parte del territorio de América del Norte habitaban los sioux en campamentos de tiendas, igual que otros indios de las praderas. Vivían pacíficamente y su principal riqueza eran los bisontes, de los que obtenían carne para alimentarse, pieles para abrigarse y huesos con los que fabricaban utensilios de uso cotidiano.

La historia de los sioux está llena de guerras y conflictos. Las batallas más famosas tuvieron lugar en la segunda mitad del siglo XIX. Varios hechos hostiles de los colonos y el Gobierno estadounidense provocaron conflictos sangrientos. Los colonos blancos buscando tierras y los mineros en busca de oro iniciaron una continua invasión de los territorios indios, matando muchos rebaños de bisontes. El gobierno intentó encerrar a los sioux en reservas. Todo ello fue provocando actos feroces y salvajes por parte de los indios. Era un intento de recuperar su propia tierra y su libertad.

En 1863, las tropas de ejército expulsaron a todas las tribus que vivían en Minnesota, la tierra de sus antepasados. Dos años más tarde el ejército estableció una línea fortificada a lo largo del río Missouri que mantenía a los sioux alejados de las grandes manadas de bisontes y de las minas de oro. Grupos de guerreros sioux acosaron durante tres años las zonas fortificadas por el ejército.

En 1868, el Gobierno se vio obligado a firmar la paz y emprendió una política de ayuda económica y cultural a los indios que aceptaron establecerse en las reservas. Pero la paciencia de los indios se acabó cuando las tropas del general Custer penetraron en territorio sioux para proteger a los mineros llegados en busca de oro. En 1876 un grupo de indios tendió una emboscada mortal a las tropas de Custer cuando éstas se disponían a atacar un campamento. Ningún blanco sobrevivió. Esta sangrienta batalla produjo una fuerte reacción del Gobierno. Los sioux sufrieron nuevas reducciones en su territorio, y sus condiciones de vida empeoraron.

La última resistencia armada de los sioux tuvo lugar en 1890, y estuvo ligada a la aparición de un movimiento religioso llamado “La Danza del Espíritu”. El movimiento prometía la vuelta de los rebaños de bisontes y la expulsión de los colonos. Esta creencia se extendió de una tribu a otra y se reanudaron las luchas sangrientas contra los blancos. El movimiento suscitó verdadero terror entre los colonos, que pidieron la intervención del Gobierno.

En diciembre de 1890 un grupo de indios rebeldes cayó en una emboscada y toda la tribu fue exterminada, incluidos ancianos, mujeres y niños. Esta atrocidad significó el fin de las revueltas sioux. En ese momento los indios se vieron forzados a aceptar las condiciones del Gobierno americano. En la actualidad, la mayoría de los sioux viven pobremente en las reservas de Dakota del Norte y del Sur.

PREGUNTAS DEL TEXTO 2

RECUERDA QUE DEBES CONTESTAR LAS PREGUNTAS EN LA HOJA DE RESPUESTAS

1. **¿De qué vivían principalmente los sioux?**
 - a) De utensilios de uso cotidiano
 - b) De los bisontes
 - c) De pieles y huesos
 - d) De campamentos de tiendas

2. **Hasta hace más de 200 años los sioux vivían pacíficamente porque:**
 - a) Convivían junto a otros indios de las praderas
 - b) Habitaban en campamentos de tiendas situados en las praderas
 - c) Sus tierras todavía no habían sido invadidas por los blancos
 - d) Había grandes manadas de bisontes, de los que obtenían alimento

3. **El gobierno intentó inicialmente encerrar a los sioux en las reservas para que:**
 - a) Los colonos y los mineros ocuparan las tierras indias
 - b) Los indios recuperaran su tierra y su libertad
 - c) Muchos rebaños de bisontes fueran eliminados
 - d) Los indios provocaran actos salvajes

4. **Los indios en un intento de recuperar su libertad:**
 - a) Pactaron con el gobierno para vivir en las reservas
 - b) Fueron encerrados en reservas por el gobierno
 - c) Cometieron actos feroces contra los colonos
 - d) Fueron expulsados de Minnesota en 1863

5. **¿Qué mantenía alejados a los sioux de las manadas de bisontes?**
 - a) Minnesota, la tierra de sus antepasados
 - b) Las minas de oro de los colonos
 - c) El cauce del río Missouri
 - d) Una línea fortificada del ejército

6. **A lo largo de la historia, ¿por qué se enfrentaron los sioux a los blancos?**
 - a) Porque los blancos les quitaban las tierras a los indios
 - b) Porque el ejército americano asesinó a una tribu de indios
 - c) Porque apareció el movimiento religioso “La Danza del Espíritu”
 - d) Porque los sioux derrotaron a las tropas de Custer

7. **¿Quién no sobrevivió en 1876?**
 - a) Un grupo de indios
 - b) Un grupo de mineros blancos
 - c) Todo un campamento indio
 - d) Los soldados de Custer

8. En resumen, la causa de las guerras entre los indios y el gobierno americano desde 1868 hasta 1876 fue que:
- a) El gobierno firmó la paz y emprendió una política de ayuda a los indios
 - b) En 1876 un grupo de indios tendió una emboscada a las tropas de Custer
 - c) El gobierno no cumplió los acuerdos que había firmado con los indios
 - d) Las condiciones de vida de los sioux empeoraron tras la guerra con el ejército
9. **¿Con qué estuvieron relacionadas las últimas rebeliones sioux?**
- a) Con un movimiento religioso indio
 - b) Con las luchas sangrientas entre los blancos
 - c) Con una emboscada mortal a las tropas de Custer
 - d) Con unos espíritus religiosos que danzaban
10. Las luchas de los sioux terminaron definitivamente cuando:
- a) Apareció un movimiento religioso llamado “La Danza del Espíritu”
 - b) Los indios rebeldes aceptaron vivir en Dakota del Norte y del Sur
 - c) Los sioux cometieron una atrocidad en una revuelta
 - d) Una tribu de indios rebeldes fue exterminada

HOJA DE RESPUESTAS

Sy 11

17

Nombre y apellidos: NEJAYORO BLAT FERNÁNDEZ

Centro: MUESTRO SRD DEL ROSARIO TRUJILLOS

Curso: 4º ESO Fecha: 23-03-07

Marca con una X la alternativa correcta

PREGUNTAS DEL EJEMPLO:

- 1. a - ~~X~~ - c - d
- 2. a - b - ~~X~~ - d

PREGUNTAS DEL TEXTO 1 (EL PINGÜINO):

- 1. ~~X~~ - b - c - d ✓
- 2. a - b - c - ~~X~~ ✓
- 3. ~~X~~ - b - c - d
- 4. a - ~~X~~ - c - d
- 5. a - b - c - ~~X~~
- 6. ~~X~~ - b - c - d ✓
- 7. ~~X~~ - b - c - d ✓
- 8. a - b - ~~X~~ - d ✓
- 9. a - b - c - ~~X~~ ✓
- 10. ~~X~~ - b - c - d ✓

PREGUNTAS DEL TEXTO 2 (LOS SIOUX):

- 1. a - ~~X~~ - c - d ✓
- 2. a - ~~X~~ - c - d ✓
- 3. ~~X~~ - b - c - d ✓
- 4. a - b - ~~X~~ - d ✓
- 5. a - b - c - ~~X~~ ✓
- 6. ~~X~~ - b - c - d ✓
- 7. a - b - c - ~~X~~ ✓
- 8. a - b - ~~X~~ - d ✓
- 9. ~~X~~ - b - c - d ✓
- 10. a - b - c - ~~X~~ ✓

ANEXO VI

EXPERIMENTO III

CUESTIONARIO DE
CONOCIMIENTOS PREVIOS, TEXTO Y
PRUEBA DE COMPRENSIÓN. PRUEBA
PILOTO.

La EVOLUCIÓN de las ESPECIES

1.-CUESTIONARIO INICIAL SOBRE CONOCIMIENTOS PREVIOS

Nombre y Apellidos: Barbse.....
Curso: 4º ESO Edad: 16... Fecha: 13-2-07

No pases la página hasta que el profesor te lo diga.

Esta es una investigación para mejorar los textos educativos de ciencias. Tu colaboración es esencial.

Hay 3 secciones: 1.-Un questionario inicial para valorar tus conocimientos actuales sobre el tema de la Evolución de las Especies. 2.-Un Texto de aprendizaje que debes estudiar. 3.- Cinco cuestiones de comprensión sobre este texto.

La duración de toda la prueba es la misma que una clase normal: unos 50 minutos. Puedes repartir el tiempo como prefieras, pero recuerda que debes intentar hacerlo todo.

A continuación verás el questionario de conocimientos previos. Debes contestarlo usando únicamente tu memoria. Cuando finalices entrégalo al profesor y podrás continuar.

¡Muchas Gracias por tu Colaboración!

(Cuando el profesor lo diga, puedes pasar la página y comenzar)

CUESTIONARIO INICIAL SOBRE “EVOLUCION DE LAS ESPECIES”

POR FAVOR, MARCA LA RESPUESTA CORRECTA MEDIANTE UNA CRUZ. SI TE EQUIVOCAS, CORRIGE TACHANDO CLARAMENTE LA RESPUESTA ERRÓNEA Y MARCANDO DE NUEVO LA QUE CREAS.

Sólo una opción es correcta en cada pregunta.

Cuando finalices esta prueba, entrégala al profesor para continuar.

1.-La Ciencia actual defiende que:

a.-Los seres vivos han sido siempre tal y como los conocemos hoy, sin cambiar.

b.-Las especies surgieron todas a la vez sobre la Tierra y han ido cambiando con el tiempo.

c.-Las especies surgieron en momentos diferentes sobre la Tierra y han cambiado con el tiempo.

2.- La evolución de los seres vivos:

a.-No tiene ningún objetivo.

b.-Se produce con el objetivo de perfeccionar las especies.

c.-A veces se produce con el objetivo de degradar alguna especie.

3.- Elige la opción correcta de entre las siguientes:

a.-Con el paso de millones de años, ninguna forma de vida sobre la Tierra se ha hecho más compleja.

b.-Tras las extinciones, las formas de vida anteriores han evolucionado para hacerse menos complejas.

c.-Con el paso de millones de años, algunas formas de vida sobre la Tierra se han hecho más complejas.

4.-Los seres vivos pueden llegar a ser muy diferentes de sus antecesores a causa de:

a.-Los esfuerzos realizados para la supervivencia durante millones de años transforman mucho los cuerpos de los seres vivos.

b.- Cambios medioambientales que benefician ciertas características que se acumulan con el tiempo en los seres vivos.

c.-Las mutaciones son la única causa posible pues provocan cambios repentinos en los seres vivos.

5.- Según las teorías científicas actuales, las serpientes no tienen patas a diferencia del resto de reptiles porque:

- a.- No las han usado durante muchas generaciones, ya que aprendieron a obtener sus recursos vitales arrastrándose sobre la hierba.
- b.- Sufrieron por accidente una radiación catastrófica que causó una mutación en todas las serpientes prehistóricas perdiendo las patas en pocas generaciones.
- c.- El debilitamiento y pérdida de las patas supuso una ventaja para su reproducción en sus hábitats naturales.

6.- Los humanos tenemos menos pelo que los otros primates porque:

- a.- Ha supuesto una ventaja reproductiva perder pelo, y esa energía se emplea en otras funciones.
- b.- Ya no lo necesitamos para protegernos del frío, lo cual atrofia sus raíces generación tras generación.
- c.- Agentes mutágenos en el ambiente, aún no controlados

7.- Según la teoría evolucionista de Lamarck, las jirafas actuales tienen el cuello largo a causa de:

- a.- Modificaciones surgidas por azar en sus genes que fueron favorables.
- b.- Continuos estiramientos al esforzarse en alcanzar las hojas tiernas de lo alto de ciertos árboles para la supervivencia.
- c.- Descienden de especies ancestrales de dinosaurios que ya tenían el cuello largo.

8.- La idea de la "Selección Natural" de Darwin consiste en:

- a.- Los individuos mejor adaptados de cada grupo de seres vivos son los que más se reproducen.
- b.- Los machos y hembras con mayor potencia muscular son siempre los que sobreviven.
- c.- Los individuos peor adaptados mueren a causa de catástrofes naturales periódicas.

9.- La teoría evolucionista de Lamarck consiste en:

- a.- La herencia de caracteres adquiridos que persisten tras cambios catastróficos en el medio.
- b.- La herencia de caracteres adquiridos por cambios genéticos producidos al azar.
- c.- La herencia de caracteres adquiridos en vida por causa del uso o desuso de los órganos

10.- Tres elementos fundamentales de la Teoría Evolucionista propuesta por Darwin son:

- a.- Variabilidad en los individuos, esfuerzo en las actividades vitales y necesidad de sobrevivir.
- b.- Variabilidad en los individuos, lucha por los limitados recursos, mayor reproducción del mejor adaptado.
- c.- Mutación de los genes, aislamiento reproductivo y deseo de progreso.

La EVOLUCIÓN de las ESPECIES

2.-TEXTO DE APRENDIZAJE Y CUESTIONARIO DE COMPRENSIÓN

Nombre y Apellidos: *Barb.e*.....
Curso: *4ºESO* Edad: *16*.... Fecha: *13-2-07*

Si quieres que te comuniquemos los resultados de la prueba, escribe tu e-mail a continuación:

Ahora encontrarás un texto sobre aspectos básicos de las Teorías de la Evolución. Por favor, estúdialo con atención. Seguidamente deberás contestar 5 cuestiones. Para ello podrás consultar el texto cuanto desees.

TEXTO

“LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES”

Mediante teorías de Evolución los científicos intentan explicar el origen de los diferentes tipos de 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. Para explicar por qué la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más diversa Lamarck ordenó linealmente los animales desde los más simples (bacterias, gusanos e insectos) hasta los más complejos y perfectos (mamíferos y humanos). Pensó que algunos animales llevan en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección y por eso evolucionaban hacia la complejidad. La vida en la Tierra comenzó con una simple bacteria y se fue haciendo diversa con el paso de muchos millones de años.

Lamarck explicó por qué los seres vivos actuales son muy diferentes de sus antecesores así: los animales realizan esfuerzos por sobrevivir y esto provoca pequeños cambios corporales adquiridos a lo largo de la vida. Hay dos clases de cambios corporales producidos de esta forma: la hipertrofia, o crecimiento de un órgano producido por el uso continuado del mismo, y la atrofia, o debilitamiento de un órgano por falta de uso. Esta clase de cambios corporales los heredan los descendientes y se acumulan de generación en generación haciéndose grandes. Esto llega a modificar mucho las especies y provoca que los seres vivos actuales sean muy diferentes de sus lejanos antecesores. Por ejemplo, las jirafas tienen hoy el cuello mucho más largo que sus antecesoras porque ha ido creciendo generación tras generación a causa de sus esfuerzos continuos por comer las hojas tiernas de las copas de ciertos árboles. Otro ejemplo: los gorilas actuales son diferentes de sus antecesores (y de la mayoría de monos) ya que no tienen cola porque viven en el suelo y no la usan para sujetarse en los árboles. Por ello se ha ido debilitando durante generaciones hasta desaparecer.

Los científicos han abandonado esta teoría por ser errónea.

La teoría admitida actualmente fue propuesta por Darwin a mediados del siglo XIX. Defendía la “Selección Natural”: en cada grupo de seres vivos la naturaleza selecciona a los mejores individuos para la reproducción. Los individuos de cada grupo nacen por azar con pequeñas diferencias en sus características (variabilidad) que hacen a unos más rápidos, más astutos, o menos visibles, que a otros. Estas diferencias se forman en los genes, bien durante la reproducción sexual, o bien, muy raramente, por cambios accidentales llamados mutaciones. Si cambia el ambiente natural donde se vive, ciertas características concretas se convierten en ventajosas y otras en desfavorables. Los recursos vitales del medio ambiente son siempre limitados y hay que competir por ellos. Los individuos con ventaja ganan, sobreviven más tiempo y se reproducen más que los demás, por término medio. Muchos descendientes heredan la ventaja. Generación tras generación, cada vez hay más individuos con la característica favorable y el resto va desapareciendo. Con el tiempo varios cambios pueden acumularse y entonces los individuos del grupo llegan a ser muy diferentes de sus antepasados: se han adaptado a su ambiente natural.

Un ejemplo de adaptación al medio lo constituyen los mamíferos marinos actuales, delfines y ballenas, que poseen aletas como los peces y pueden nadar muy bien, pero sus antepasados no las poseían, ni tampoco el resto de mamíferos que no viven en entornos naturales acuáticos. En algún momento, los antepasados de estos animales colonizaron ambientes marinos para intentar conseguir alimento. En épocas de escasez los individuos que, por azar, nacieran con modificaciones genéticas que favorecieran la natación (por ejemplo, un crecimiento de la piel entre los dedos a modo de membrana natatoria como la de las ranas y los patos) tendrían mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse, mientras el resto desaparecería poco a poco. El ambiente marino favorece continuamente a los mejores nadadores y, por tanto, muchos pequeños cambios se acumularon hasta hacerse muy grandes: las patas originales se transformaron finalmente en aletas.

CUESTIONES DE COMPRENSIÓN

Por favor contesta las siguientes preguntas. Para ello puedes consultar el texto cuanto creas conveniente. Usa las hojas en blanco para responder. Puedes contestar en el orden que quieras pero debes numerar la cuestión que respondes.

- 1.-¿Qué intentan explicar los científicos con las Teorías de Evolución?
- 2.-¿Qué quiere decir "Selección Natural"?
- 3.-Explica correctamente por qué la vida sobre la Tierra se ha ido haciendo más compleja.
- 4.-¿Cómo explica hoy la ciencia que los gorilas no tengan cola, a diferencia de la mayoría de monos?
- 5.-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.

- ① intentan explicar el origen de los diferentes tipos de seres vivos y cómo han ido cambiando con el tiempo, emparentando unos con otros por medio de la herencia de sus características. ①
- ② Selección Natural: ~~seleccionar~~ la naturaleza selecciona en cada grupo de seres vivos a los mejores individuos para la reproducción. ①
- ③ La vida sobre la tierra se ha ido haciendo más compleja por que generación tras generación cada vez hay más individuos con una características favorable, en cambio otros desaparecen. Y cuantas más especies más compleja se hace la tierra. ②

④ Porque viven en el suelo y no se cuelgan en los árboles, por ello se ha ido debilitando durante generaciones hasta desaparecer.

⑤ Pasa lo mismo que con los gorilas.

Estos animales viven a muchos grados bajo cero y no están acostumbrados a vivir en un lugar con mucha calor.

Así que por ello ha ido cambiando durante generaciones hasta tener el pelo que ahora tienen.

La EVOLUCIÓN de las ESPECIES

2.-TEXTO DE APRENDIZAJE Y CUESTIONARIO DE COMPRENSIÓN

Nombre y Apellidos: *Laura...Guxrea...Merino.....*
Curso:..... Edad:..... Fecha: *15.2.07*

Si quieres que te comuniquemos los resultados de la prueba, escribe tu e-mail a continuación:

CUESTIONES DE COMPRENSIÓN

Por favor contesta las siguientes preguntas. Para ello puedes consultar el texto cuanto creas conveniente. Usa las hojas en blanco para responder. Puedes contestar en el orden que quieras pero debes numerar la cuestión que respondes.

- 1.- ¿Qué intentan explicar los científicos con las Teorías de Evolución?
- 2.- ¿Qué quiere decir “Selección Natural”?
- 3.-Explica correctamente cómo es posible que unos seres vivos sean muy diferentes de sus antecesores.
- 4.-¿Cómo explicarían los científicos evolucionistas anteriores a Darwin que los mamíferos marinos actuales, delfines y ballenas, posean aletas como los peces que les permiten nadar muy bien, a diferencia del resto de mamíferos que no viven en entornos naturales no acuáticos?
- 5.-Según Lamarck, ¿por qué los murciélagos habitantes de las cavernas oscuras son ciegos?

1 En el origen de los diferentes tipos de seres vivos, y el modo en el que han ido cambiando con el tiempo emparentando unos con otros, por medio de la herencia de sus características

2 En cada grupo de seres vivos la naturaleza selecciona a los mejores individuos para la reproducción

3. Con el tiempo varios cambios pueden acumularse y entonces los individuos del grupo llegan a ser muy diferentes a sus antepasados; se han adaptado a su ambiente natural.

4 En épocas de escasez los individuos que por azar nacieran con modificaciones genéticas que favorecieran la natación tendrían mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse mientras el resto se reproducía poco a poco

5. Porqué como estaban en cavernas oscuras y no usaban el sentido de la vista a final se les extinguió.

ANEXO VII

EXPERIMENTO III

CUESTIONARIO DE
CONOCIMIENTOS PREVIOS, TEXTO Y
PRUEBA DE COMPRENSIÓN. FASE
FINAL.

La EVOLUCIÓN de las ESPECIES

1.-CUESTIONARIO INICIAL SOBRE CONOCIMIENTOS PREVIOS

Nombre y Apellidos: ... JOSÉ ... LEÓN ... ALAPONT
Curso: 4º ESO Edad: 14 Fecha: 28. 3-07

4

CUESTIONARIO INICIAL SOBRE “EVOLUCION DE LAS ESPECIES”

POR FAVOR, MARCA LA RESPUESTA CORRECTA MEDIANTE UNA CRUZ. SI TE EQUIVOCAS, CORRIGE TACHANDO CLARAMENTE LA RESPUESTA ERRÓNEA Y MARCANDO DE NUEVO LA QUE CREAS

Sólo una opción es correcta en cada pregunta.

Quando finalices esta prueba, entrégala al profesor para continuar.

- 1.- La Ciencia actual defiende que:
 - a.- Los seres vivos han sido siempre tal y como los conocemos hoy, sin cambiar.
 - b.- Las especies surgieron todas a la vez sobre la Tierra y han ido cambiando con el tiempo.
 - c.- Las especies surgieron en momentos diferentes sobre la Tierra y han cambiado con el tiempo.

- 2.- La evolución de los seres vivos:
 - a.- No tiene ningún objetivo final.
 - b.- Tiene el objetivo de perfeccionar las especies.
 - c.- Tiene el objetivo de perfeccionar sólo los animales, pero no las plantas.

- 3.- Con el paso de millones de años, algunas formas de vida sobre la Tierra se han hecho más complejas porque:
 - a.- Estas formas de vida llevan en su naturaleza una tendencia hacia la perfección y esto exige complejidad.
 - b.- La necesidad de alimentarse de seres simples obligó a desarrollar nuevas estructuras corporales.
 - c.- Al aumentar su complejidad se aumentó la supervivencia y el éxito reproductivo.

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

- 6.- Los humanos tenemos menos pelo que los otros primates porque:
- a.- Ya no lo necesitamos para protegernos del frío, lo cual atrofia sus raíces generación tras generación.
 - b.- Ha supuesto una ventaja reproductiva perder pelo, y esa energía se emplea en otras funciones
 - c.- Por accidente, radiaciones en el ambiente produjeron pérdida de pelo de todos los homínidos.
- 7.- Según la teoría evolucionista de Lamarck, las jirafas actuales tienen el cuello largo a causa de:
- a.- Modificaciones surgidas por azar en los genes que favorecieron a los individuos de cuello más largo en la reproducción durante muchas generaciones.
 - b.- Continuos estiramientos al esforzarse en alcanzar las hojas tiernas de lo alto de ciertos árboles para la supervivencia, que se repiten generación tras generación.
 - c.- Descienden de especies ancestrales de dinosaurios que ya tenían el cuello largo.
- 8.- La idea de la "Selección Natural" de Darwin consiste en:
- a.- Los individuos mejor adaptados de cada grupo de seres vivos son los que más se reproducen.
 - b.- Los machos y hembras con mayor potencia muscular son siempre los que sobreviven.
 - c.- Los individuos peor adaptados mueren a causa de catástrofes naturales periódicas.
- 9.- La teoría evolucionista de Lamarck consiste en:
- a.- La herencia de caracteres adquiridos por cambios catastróficos en el medio.
 - b.- La herencia de características producidas por cambios genéticos.
 - c.- La herencia de caracteres adquiridos en vida por causa del uso o desuso de los órganos
- 10.- Según la teoría evolucionista de Darwin, los mamíferos marinos (delfines, ballenas, focas, etc) tienen patas en forma de aletas porque:
- a.- Los individuos que, por azar, surgieron con patas parecidas a aletas, nadaban más rápido y lograron dejar más descendencia durante muchas generaciones.
 - b.- Sus antepasados realizaban continuos esfuerzos por nadar cada vez más rápido para alimentarse en el mar, durante muchas generaciones.
 - c.- Siempre han vivido en el agua y por tanto, no han necesitado andar.

Suj 16

La EVOLUCIÓN de las ESPECIES

2.-TEXTO DE APRENDIZAJE Y CUESTIONARIO DE COMPRENSIÓN

Nombre y Apellidos: ... JOSÉ ... LEÓN ... ALAPONT
Curso: ... 4º ESO ... Edad: ... 16 ... Fecha: ... 28-3-07 ...

Si quieres que te comuniquemos los resultados de la prueba, escribe tu e-mail a continuación:

CUESTIONES DE COMPRENSIÓN

Por favor contesta las siguientes preguntas. Para ello puedes consultar el texto cuanto creas conveniente. Usa las hojas en blanco para responder. Puedes contestar en el orden que quieras pero debes numerar la cuestión que respondes.

- 1.- ¿Qué intentan explicar los científicos con las Teorías de Evolución?
- 2.- Explica correctamente y con claridad, por qué algunas formas de vida sobre la Tierra se han ido haciendo más complejas.
- 3.- Explica correctamente y con claridad, por que los seres vivos actuales son diferentes de sus antecesores.
- 4.- 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?

- ① El origen de todas los seres vivos y el modo en que han evolucionado con el tiempo, emparentando unos con otros por medio de la herencia de sus características.
- ② Porque algunos animales evolucionan hacia la complejidad llevando en su naturaleza una tendencia intrínseca hacia la perfección. Para ello (ordenó) Lamarck ordenó linealmente los animales desde los más simples (bacterias, gusanos e insectos) hasta los más complejos y perfectos (mamíferos y humanos).
- ③ Porque cada grupo de individuos nace 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 de estos cambios genéticos son ventajosos y otros desfavorables. Los individuos con ventaja ganan la competencia por los ~~dem~~ limitados recursos vitales del medio, sobreviven más tiempo y se reproducen más que los demás, por término medio.

④ Porque las gacelas anteriores tenían las patas más largas y otras más cortas, a causa del azar, cuando los depredadores las cazaban, las más ~~gras~~ que tenían las patas más largas sobrevivían porque eran más rápidas en cambio las que tenían las patas más cortas eran cazados. Después de que las gacelas de patas cortas se extinguieran, las de las patas más largas continuaron reproduciéndose. Por eso actualmente pueden alcanzar los 80 km/h.