

Estructura de conocimiento conceptual, memoria de trabajo y comprensión de textos de ciencias: un estudio con alumnos de secundaria

Conceptual knowledge structure, working memory and science texts comprehension: A study with High School students

M^a José López Chavarrías*
Vicent Sanjosé López
Joan Josep Solaz-Portolés
Universitat de València

En este trabajo se estudian las relaciones existentes entre estructura de conocimiento conceptual, memoria de trabajo, nivel académico y comprensión de un texto de ciencias. A estudiantes de 4^o de ESO y 2^o de Bachillerato se les determinó la capacidad de su memoria de trabajo mediante el test de Daneman y Carpenter. A continuación, leyeron un texto y a partir de él elaboraron un mapa conceptual. Por último, se les administró un cuestionario de comprensión del texto. Los resultados revelan que: a) el nivel académico genera diferencias significativas en el test de memoria de trabajo, y en las puntuaciones del mapa conceptual y cuestionario de comprensión textual; b) las correlaciones entre las puntuaciones de las tres pruebas anteriores han resultado ser elevadas y significativas; c) las puntuaciones del mapa conceptual y del test de memoria de trabajo son predictores significativos de la puntuación del cuestionario de comprensión.

Descriptores: Enseñanza secundaria, Enseñanza de las ciencias, Comprensión, Aprendizaje, Cognición.

In this paper we present a descriptive research that shows the relationships between conceptual knowledge structure, working memory, academic level and science text comprehension. High school students (10th and 12th grade students) have participated in this research. Students' working memory capacity was measured by means of the Daneman and Carpenter's test. Next, the students read a science text, and starting from the textual information, they constructed a concept map. Finally, they carried out a reading comprehension test. Results indicate that: a) the academic level produces significant differences in working memory, concept map, and reading comprehension tests scores; b) high and significant correlations have been found between the scores of these last three tests; c) concept map and memory working tests scores are significant predictors of reading comprehension test scores.

Keywords: Secondary education, Science education, Comprehension, Learning, Cognition.

*Contacto: mjlopez@silicon-tech.es

Introducción

Desde la psicología cognitiva se ha intentado explicar cómo se produce la comprensión de un texto. De manera general, se asume que la comprensión de un texto es un proceso de alto nivel, que requiere de la intervención de todos de mecanismos de atención y de memoria, de procesos de codificación y percepción, así como de muchas operaciones inferenciales basadas en los conocimientos previos y en factores contextuales (de Vega, 1984). También se ha intentado recopilar y categorizar las dificultades en la comprensión del discurso escrito (Escoriza, 2009).

De acuerdo con algunos modelos cognitivos de comprensión de textos (Graesser, Millis y Zwaan, 1997; Kintsch, 1998; van Dijk y Kintsch, 1983), se pueden establecer tres diferentes niveles de representación del texto en la memoria: representación superficial, base del texto y modelo de la situación. En la representación superficial el procesamiento se centra en las reglas para combinar las palabras de forma que cumplan las restricciones sintácticas del lenguaje. En ella, el lector aporta, principalmente, sus conocimientos léxicos y sintácticos.

En el segundo nivel, la base del texto, se representa el significado del texto en forma de grupos de proposiciones interrelacionadas. En la base de texto se pueden distinguir tres subniveles de representación: la microestructura, la macroestructura y la superestructura esquemática. La microestructura es el conjunto de proposiciones del texto relacionadas localmente cuando éste se considera frase a frase. La macroestructura de un texto es el conjunto de proposiciones que sintetizan su significado, y se construye a partir de la microestructura aplicando ciertos operadores (Sánchez-Miguel, 1993). La superestructura esquemática es la forma global en que se organizan las macroposiciones (contenido global del texto) (van Dijk y Kintsch, 1983).

Finalmente, el modelo de la situación es una construcción que integra la base del texto con el conocimiento previo del lector, dando lugar a una representación de mayor entidad que la base de texto. Todavía no se sabe mucho acerca de la estructura interna de un modelo de la situación, pero parece que en él coexisten contenidos verbales e imágenes (Campanario y Otero, 2000) y, según Kintsch (1998), no se logra una comprensión profunda del texto hasta que se crea una representación coherente a nivel del modelo de situación.

Puede entenderse que la comprensión de un texto comporte funciones inferenciales muy complejas. Partiendo de unos contenidos descritos en un texto, el lector debe elaborar un conjunto de proposiciones explícitas o inferidas y, al mismo tiempo, construir un modelo mental de la situación del texto a partir de las ideas o proposiciones disponibles. El resultado final es que siempre se acaba procesando más información de la que se lee de manera explícita, puesto que se une lo que se lee con aquello que se sabe (Escudero, 2010). Como señalan los diversos modelos cognitivos, la comprensión lectora demanda llevar a cabo diversos procesos, entre otros mantener activa una gran cantidad de información. Dichos procesos dependen de la capacidad de la memoria de trabajo y de mecanismos de control de la atención (García-Madruga, Gárate, Elosúa, Luque y Gutiérrez, 2007).

1. Fundamentación teórica

Varios trabajos han confirmado la relación entre capacidad de la memoria de trabajo y la comprensión lectora (Daneman y Carpenter, 1980; Daneman y Merikle, 1996; Just y Carpenter, 1992), aunque otros estudios no han encontrado tal relación (Caplan y Waters, 1999; Light y Anderson, 1985). Incluso Radvansky y Copeland (2004) han llegado señalar que la memoria de trabajo podría ser una buena medida de niveles bajos de comprensión textual (base de texto). Sin embargo, en un estudio de Solaz-Portolés y Sanjosé (2009) se constata una estrecha relación entre la capacidad de la memoria de trabajo y las tareas de elevado nivel cognitivo en ciencias (resolución de problemas).

El modelo de la memoria de trabajo de Baddeley (1995) define la memoria de trabajo como la suma de la memoria a corto plazo y de los mecanismos que regulan el tránsito entre la memoria a largo plazo y a corto plazo. La memoria a corto plazo tiene una vida media de aproximadamente quince segundos y mantiene activos unos siete *chunks* (siete más o menos dos) de información (Miller, 1956). Por otro lado, según la forma en que esté organizado el conocimiento el acceso a la memoria a largo plazo será más o menos fácil. Así, los expertos se caracterizan por tener el conocimiento organizado de manera que el tránsito entre la memoria a largo plazo y la memoria de trabajo es muy fluido y, por ello, tienen la memoria de trabajo más expandida que los novatos (Ericsson y Kintsch, 1995). Los expertos tienen los *chunks* de información más desarrollados (más grandes) que los novatos (Brooks y Shell, 2006).

La propuesta de modelos mentales que formula Johnson-Laird (1983; 2000) busca proporcionar una explicación general del pensamiento humano. El núcleo de su propuesta defiende que los humanos representamos el mundo con el que interactuamos mediante modelos mentales. De tal manera que, por ejemplo, si queremos comprender un fenómeno del mundo real, construimos y manipulamos modelos en nuestra mente. La elaboración y manipulación de estos modelos mentales son procesos que se efectúan *on line*; esto es, no se recuperan de la memoria a largo plazo. Para llevar a cabo tareas cognitivas (como comprender un texto, por ejemplo) hemos de construir una representación mental en la memoria de trabajo mediante la combinación de información almacenada en la memoria a largo plazo y de las características de la tarea (Cañas, Antolí y Quesada, 2001). En consecuencia, el modelo de la situación no es más que un caso particular de la propuesta de modelo mental de Johnson-Laird.

En el trabajo de Montanero (2003) se hace una exhaustiva revisión de los principales enfoques y técnicas que se han utilizado a lo largo de los últimos años para evaluar las capacidades de comprensión lectora. En dicho trabajo, se indica que la construcción de mapas conceptuales puede constituir un método apropiado para valorar cómo los sujetos representan la macroestructura de textos expositivos. También se apunta que las preguntas de comprensión que requieren la participación de conocimientos temáticos (*deep questions*) o conectar información implícita más o menos alejada de la base del texto (*bridging inference questions*), son tareas que pueden servir para evaluar el modelo de la situación. Todas ellas tienen en común la necesidad de desplegar inferencias elaborativas más allá de la base del texto que, de acuerdo con Campanario y Otero (2000), se basan en información que aporta el sujeto y sirven para complementar el contenido del texto, pero no son necesarias para establecer la coherencia textual. En un estudio más reciente Bazán-Ramírez, Barrera-Vázquez y Vega-Alcatara (2013) proponen un instrumento que permite evaluar la competencia en comprensión lectora en la enseñanza de la lengua

española en la educación primaria. En él que se tienen en consideración una serie de criterios de logro, entre los que se encuentran las respuestas dadas a una serie de preguntas sobre el texto en cuestión.

Los mapas conceptuales (MC) son herramientas gráficas para ilustrar las estructuras cognitivas o de significado de los humanos que van más allá de la mera reproducción memorística de hechos, reflejan sus experiencias, creencias y sesgos en la comprensión de un determinado tema o cuestión (Jonassen, Reeves, Hong, Harvey y Peters, 1997; Novak, 1988). Incluyen conceptos ordenados jerárquicamente y sus relaciones mediante palabras de enlace que dan lugar a proposiciones (Novak y Gowin, 1999; Moreira y Buchweitz, 2000).

Los MC ilustran la comprensión conceptual (Edwards y Fraser, 1983; Kinchin, 2000), en particular la representación y la organización de ideas y conceptos (Halford, 1993). Pueden ser usados para mostrar la variación de las estructuras de conocimiento conceptual en las distintas fases del proceso de aprendizaje (Novak, 1998), y para distinguir las estructuras de conocimiento de expertos y novatos (Kinchin, 2001). Se ha constatado que la elaboración de mapas conceptuales mejora el aprendizaje de las ciencias (Horton et al., 1993; Lawless, Smee y O'Shea, 1998).

McClure, Sonak y Suen (1999) han comprobado que los MC son una valiosa y fiable fuente de información sobre el contenido y la organización de la estructura conocimiento de los estudiantes, de aquí que esté justificada su utilización como medida de la estructura conceptual de los estudiantes. No obstante, no se ha de obviar que pueden haber problemas cuando se valoran cuantitativamente y que pueden tener limitaciones (Jonassen et al., 1997; Liu y Hinchey, 1996; Ruiz-Primo y Shavelson, 1996). Existe una línea de investigación que propone un enfoque cualitativo de análisis de los MC que ha permitido: a) ayudar a aprender a estudiantes con diferentes estructuras conceptuales (Kinchin y Hay, 2000), y b) evaluar los resultados obtenidos con una determinada metodología instruccional (Hay, 2007).

Son diversas las investigaciones que han revelado que el conocimiento previo de los alumnos está relacionado, de manera estadísticamente significativa, con los resultados en las actividades de alto nivel cognitivo como, por ejemplo, la resolución de problemas (Chandran, Treagust y Tobin, 1987; Lee, Goh, Chia y Chin, 1996; Solaz-Portolés y Sanjosé, 2006). De este modo, han dado soporte empírico a los defensores de los postulados de la teoría de la asimilación (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983) en relación a la importancia del conocimiento previo en los procesos cognitivos involucrados en las tareas de aprendizaje.

2. Objetivos e hipótesis del estudio

De todo lo dicho hasta aquí se colige que pueden destacarse tres factores cognitivos cuando se efectúan tareas de comprensión partir de un texto: el conocimiento previo del lector, la estructura de conocimiento conceptual que genera (la macroestructura del texto), y la memoria de trabajo disponible en el sujeto. Nuestro objetivo es llevar a cabo una investigación descriptiva para mostrar las relaciones existentes entre la estructura de conocimiento conceptual, la capacidad de la memoria de trabajo, el nivel académico (que suponemos *a priori* asociado a su conocimiento previo y estrategias lectoras), y el rendimiento en las tareas de comprensión de un texto de ciencias.

Nuestras hipótesis, fundamentadas en los estudios anteriormente citados, son las siguientes:

- Cuanto más alto sea el nivel académico de los estudiantes las puntuaciones obtenidas en pruebas que midan la estructura de conocimiento conceptual, la memoria de trabajo y la comprensión de un texto de ciencias, serán significativamente más altas.
- Las puntuaciones en la pruebas de medida de la estructura de conocimiento conceptual, de la memoria de trabajo y de la comprensión de un texto de ciencias presentarán correlaciones significativas entre sí.
- Una mejor estructura de conocimiento conceptual y una mejor memoria de trabajo comportarán una mayor comprensión de un texto expositivo de ciencias. Dicho de otro modo, tanto la estructura de conocimiento conceptual como la memoria de trabajo serán predictores significativos de la comprensión de un texto de ciencias.

3. Metodología

3.1. Diseño experimental

El diseño “no experimental” utilizado es transaccional o transversal descriptivo, porque las medidas se toman en una sola ocasión. Las variables independientes serán la medida de la capacidad de la memoria de trabajo y de la estructura del conocimiento conceptual. La variable dependiente será la medida de la comprensión lectora de un texto de ciencias.

3.2. Sujetos participantes

Participaron 20 estudiantes de 4º ESO, que cursaban la asignatura Biología y Geología, y 20 estudiantes de 2º de Bachillerato, que cursaban la asignatura de Biología. Todos los estudiantes de las muestras pertenecían a grupos naturales en su centros educativo. Se trató de muestras de conveniencia a las que se tuvieron acceso tras obtener los permisos pertinentes. Por tanto, la validez externa no está garantizada. En todo caso, los estudiantes no sufrieron selección alguna para ser asignados a los grupos naturales.

3.3. Materiales y medidas

A los estudiantes se les tomó tres medidas: a) capacidad de su memoria de trabajo, b) estructura de conocimiento conceptual generada partir de la información que proporciona un texto, y c) comprensión de un texto.

El texto empleado (Anexo 1) contiene 554 palabras, y se basa en un artículo de la revista *Science News* (Milius, 2010), que versa sobre un molusco que habita en Nueva Inglaterra y Canadá, *Elysia chlorotica*, que se alimenta de algas marinas y consigue incorporar los genes responsables de sintetizar la clorofila en su ADN y, a partir de entonces, hace la fotosíntesis como un vegetal.

Para la medida de la capacidad de la memoria de trabajo se utilizó una versión informatizada por uno de los investigadores, en *Power Point*, de la adaptación española del test de Daneman y Carpenter (Elosúa, Gutiérrez, García-Madruga, Luque y Gárate, 1996). En este test el sujeto debe leer las frases a su propio ritmo en voz alta y, al final de cada serie, se le pide recordar la última palabra de cada una de las frases. El número de frases en cada serie va en aumento, de manera que también es creciente el número de

palabras a recordar tras la lectura. En concreto, se ofrecen 5 niveles de dificultad: de 2, 3, 4, 5 y 6 frases, con 3 series para cada nivel. Así, el test consta de un total de 60 frases, cada una de ellas con una longitud entre 12 y 14 palabras. La prueba finaliza cuando el sujeto falla en las tres series de un determinado nivel. Mayores detalles sobre el test pueden encontrarse en el artículo de Elosúa y colaboradores (Elosúa et al., 1996)

La medida de la estructura de la estructura de conocimiento conceptual generado a partir de la lectura del texto se realizó mediante la elaboración de un mapa conceptual. Con este fin, se proporcionó a los estudiantes una hoja con diecinueve conceptos del texto (Anexo 2), considerados como los más relevantes para los autores. Para la evaluación de esta prueba se siguieron las directrices de Novak y Gowin (1999): se asigna 1 punto por cada proposición válida que aparezca (relación entre dos conceptos mediante las palabras de enlace correspondientes), 5 puntos por cada nivel jerárquico válido (cada concepto subordinado debe ser más específico y menos general que el concepto que situado sobre él), 10 puntos por cada conexión cruzada (uniones entre los distintos segmentos de la jerarquía conceptual).

Para la medida de comprensión del texto usamos un cuestionario abierto de cinco ítems (Anexo 3). Cada ítem consta de una pregunta de alto nivel cognitivo, es decir, de una pregunta cuya respuesta precisa de la realización de inferencias elaborativas más allá del contenido semántico del texto.

3.4. Procedimiento

En primer lugar, una profesora (la misma que administró todas las pruebas de este estudio) pasó individualmente a cada estudiante la versión informatizada del test de Daneman y Carpenter. Esto se hizo en tiempos muertos de los estudiantes (descansos, ausencias de profesores, etc.). En el test, cada frase se representa en el centro de la pantalla del ordenador (caracteres blancos sobre fondo negro). Cuando el sujeto acaba la lectura, la profesora la sustituye inmediatamente por otra pulsando una tecla. Al final de cada serie aparece un signo de interrogación, lo que indica al sujeto que debe tratar de recordar la última palabra de cada frase. La respuesta no puede iniciarse en ningún caso por la última palabra. Esto se repite en cada nivel hasta que el sujeto falla las tres series. La puntuación de la prueba la obtenemos sumando el total de palabras recordadas hasta el nivel donde no falla tres series.

En una sesión ordinaria de clase (unos 50 minutos), se repartió a los alumnos el texto para su lectura, con la advertencia de que debían esforzarse por comprender su contenido (el alumnado participante de 4º ESO y de 2º de Bachillerato se hallaba en aulas distintas -las que utilizaban normalmente-). Cuando todos los alumnos acabaron de leer (20 min aproximadamente), se les retiró el texto, se realizó una tarea distractora durante unos minutos y, finalmente, se les proporcionó la hoja con los diecinueve conceptos para que construyeran un mapa conceptual (dispusieron todos de alrededor de 26 minutos para esta tarea). La elaboración de los mapas conceptuales se llevó a cabo manualmente, como una actividad de lápiz y papel. Durante el tiempo disponible sólo pudieron elaborarlos y repararlos, y no hubo revisión o reelaboración posterior. Los estudiantes ya tenían sobrada experiencia en la elaboración de mapas conceptuales sobre otros contenidos, pero no habían estudiado antes el contenido del texto.

Por último, transcurrida una semana, y también en una sesión de clase, se efectuó la prueba de comprensión del texto. Al principio de la clase se volvió a distribuir el texto y, al finalizar su (re)lectura, se recogió el texto, se realizaron de nuevo tareas distractoras (5 min), y se les administró el cuestionario de comprensión. El tiempo en esta prueba,

como en la anterior, fue suficiente para todos los estudiantes. La cuantificación de la prueba se efectuó mediante una categorización previa de las contestaciones de los alumnos (efectuado por dos profesores universitarios), que condujo a una única categoría de respuesta correcta por ítem presentado (acuerdo inter-jueces del 99%), y una posterior valoración de la presencia/ausencia de la respuesta correcta como 1/0.

4. Resultados y discusión

En la tabla 1 se ofrecen las puntuaciones medias en cada una de las tres pruebas (test de memoria de trabajo, elaboración del mapa conceptual y cuestionario de comprensión) de los estudiantes de 4º ESO y de 2º de Bachillerato (con su correspondiente desviación típica entre paréntesis).

Tabla 1. Puntuaciones medias en las tres pruebas (con su desviación típica), según el nivel académico de los estudiantes

NIVEL ACADÉMICO	PUNTUACIÓN TEST MEMORIA DE TRABAJO*	PUNTUACIÓN MAPA CONCEPTUAL*	PUNTUACIÓN CUESTIONARIO DE COMPRENSIÓN*
4º ESO	19,4 (13,9)	14,9 (7,1)	1,6 (0,6)
2º BACH	35,9 (18,2)	38,3 (13,6)	3,1 (0,9)

Fuente: Elaboración propia.

Nota: * Puntuaciones máximas que se pueden conseguir en las pruebas son: 90, 156 y 5 puntos, respectivamente

Las puntuaciones mínima y máxima obtenidas por los estudiantes en cada una de las tres pruebas, así como los correspondientes percentiles 25, 50 y 75 se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Puntuaciones mínimas y máximas obtenidas en las tres pruebas, y percentiles 25, 50 y 75 de las tres pruebas

	TEST MEMORIA DE TRABAJO	MAPA CONCEPTUAL	CUESTIONARIO DE COMPRENSIÓN
Puntuación mínima obtenida	4	5	0,25
Puntuación máxima obtenida	64	63	5
Percentiles	25	13,5	1,5
	50	25	2,25
	75	37,75	3

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov a las puntuaciones de la medida de la memoria trabajo, del mapa conceptual y del cuestionario de comprensión mostró que todas las puntuaciones se ajustan a distribuciones normales ($Z=0,65$, $p=0,79$; $Z=0,92$, $p=0,37$; y $Z=0,67$, $p=0,77$, respectivamente). Las figuras 1 y 2 muestran las representaciones gráficas de la distribución de frecuencias en la prueba del mapa conceptual y la de comprensión.

De toda la información proporcionada hasta aquí en relación a las puntuaciones de las tres pruebas, se destaca que:

- La amplitud de puntuaciones es grande en todas las pruebas
- No ha sido una tarea fácil para los estudiantes la elaboración del mapa conceptual tras la lectura del texto y sin tener el texto delante (el 75% de los

estudiantes ha puntuado por debajo de 39 puntos y hay un buen número de estudiantes que obtienen puntuaciones bajas-muy bajas).

- El cuestionario de comprensión tampoco les ha resultado fácil (el 75% de los estudiantes ha obtenido una calificación por debajo de 3 puntos -que sería una calificación equivalente a 5 sobre 10-). Hay que tener presente que para responderlo correctamente no sólo se ha de comprender y recordar el texto, sino que, además, se han de llevar a cabo inferencias y conexiones con otros conocimientos.

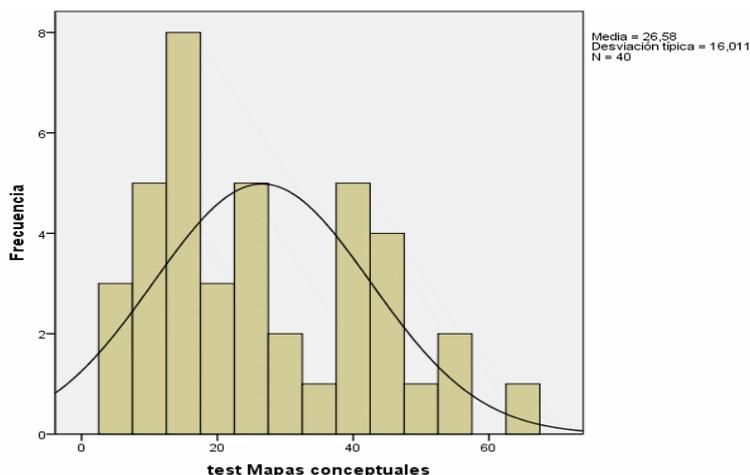


Figura 1. Representación gráfica de la distribución de frecuencias en las puntuaciones de la prueba de elaboración del mapa conceptual

Fuente: Elaboración propia.

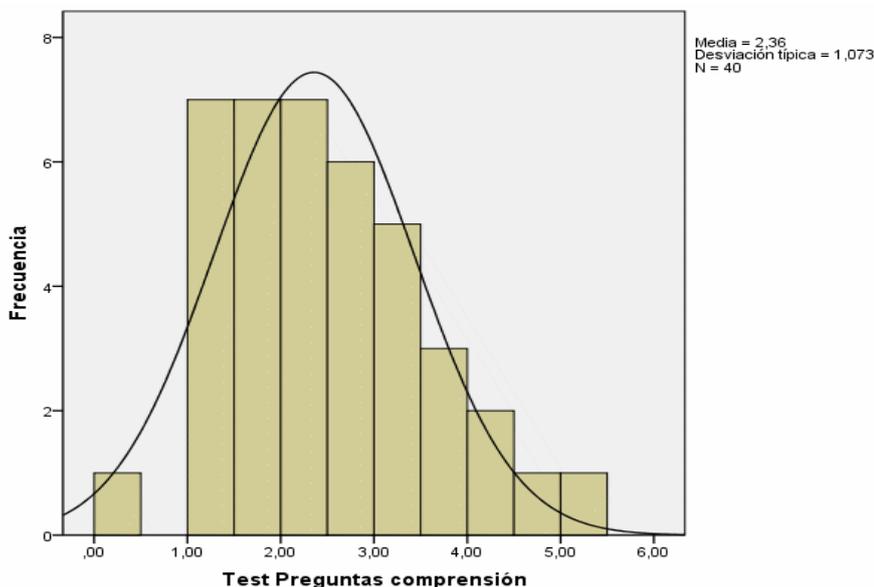


Figura 2. Representación gráfica de la distribución de frecuencias en las puntuaciones de la prueba de comprensión

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de cada una de las pruebas fueron analizados mediante tres ANOVAs simples en los que la variable independiente (variable inter-sujetos) siempre fue el nivel académico de los estudiantes (4º ESO o 2º de Bachillerato) y se tomaron como variables

dependientes la puntuación en el test de la memoria de trabajo, la puntuación del mapa conceptual y la puntuación en el cuestionario de comprensión, respectivamente. En los tres análisis aparecieron diferencias significativas de puntuaciones entre los dos niveles académicos, siempre en un nivel de confianza superior al 99%: $F(1,38)=10,14$, $p<0,01$, $F(1,38)=29,05$, $p<0,001$ y $F(1,38)= 20,26$, $p<0,001$, respectivamente.

Al objeto de determinar la posible asociación entre las puntuaciones de las tres pruebas realizadas (memoria de trabajo, mapa conceptual y comprensión), se calcularon los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre las puntuaciones de las tres pruebas. En la tabla 3 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos, señalándose con asteriscos el nivel de significación.

Tabla 3. Coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre puntuaciones de las tres variables

	MEMORIA DE TRABAJO	MAPA CONCEPTUAL	COMPRESIÓN
Memoria de trabajo	1	0,43*	0,50*
Mapa conceptual		1	0,76*
Comprensión			1

Fuente: Elaboración propia.

Nota: * $p< 0,01$, $N = 40$

Como puede verse en la tabla 3, todos los coeficientes resultan ser estadísticamente significativos, con un nivel de significación $p<0,01$. En consecuencia, existe una positiva y significativa asociación entre las tres variables. Sin embargo, cuando los coeficientes de correlación entre variables se determinan en cada nivel académico separadamente (4º de ESO y 2º de Bachillerato), sólo resulta ser significativa la correlación entre las puntuaciones del cuestionario de comprensión y del mapa conceptual en el nivel de 2º de Bachillerato, $r=0,612$, $p<0,01$ (téngase en cuenta que en este análisis con los dos grupos separados los coeficientes de correlación se evalúan solamente con 20 sujetos)

Para estudiar si la puntuación obtenida en el cuestionario de comprensión del texto puede ser predicha a partir de las puntuaciones del mapa conceptual y del test de memoria de trabajo, realizamos un análisis de regresión lineal múltiple tomando como variable dependiente la puntuación de la prueba de comprensión y como variables independientes (o predictores) las puntuaciones del mapa conceptual y del test de memoria de trabajo. Para poder diferenciar la contribución de cada factor en la puntuación de la prueba de comprensión, el análisis de regresión se realizó paso a paso (*stepwise*). En este tipo de regresión, los predictores (variables independientes) se introducen uno a uno en orden de importancia, y en cada paso se introduce un nuevo predictor. En la tabla 4 se muestran los resultados este análisis.

Tabla 4. Resultados del análisis de regresión *stepwise*

PASO	VARIABLE	R ²	F	P
1º	Puntuación Mapa Conceptual	0,58	51,5	<0.001
2º	Puntuación Mapa Conceptual + Memoria de Trabajo	0,62	29,4	<0.001

Fuente: Elaboración propia.

Nota: R² es el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple acumulado.

Como puede verse en la tabla 4, la regresión es estadísticamente significativa y ambos factores suponen una aportación específica a la varianza de la variable dependiente. Por otro lado, dado que el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple representa la

proporción de varianza de la variable dependiente explicada por las variables predictoras, las dos variables combinadas dan cuenta del 62% de la varianza de la puntuación de la prueba de comprensión. El 38% restante debe ser explicado por otras variables no contempladas en el análisis (como, por ejemplo, conocimiento previo del estudiante, motivación, etc.) y por la varianza del error. Por otra parte, se observa que R^2 pasa de 0,58, cuando se introduce el factor puntuación del mapa conceptual, a 0,62, cuando entran en la ecuación ambos factores. Es decir, la adición del factor puntuación en el test de memoria de trabajo conduce a un incremento de 0,04 en el valor global de R^2 . Se concluye, por tanto, que la variable predictora más relacionada con la variable dependiente es la puntuación del mapa conceptual (que es un reflejo de la estructura de conocimiento conceptual generada a partir del texto), como era previsible a tenor de los coeficientes de correlación reflejados en la tabla 2.

En la tabla 5 se presentan los coeficientes de regresión de las dos variables independientes en la ecuación de regresión, con su error típico.

Tabla 5. Coeficientes de regresión de las dos variables independientes en la ecuación de regresión, con su error típico

VARIABLES	COEFICIENTE DE REGRESIÓN	ERROR TÍPICO
Intersección	0,75	0,25
Puntuación Mapa Conceptual	0,05	0,01
Puntuación Memoria de Trabajo	0,02	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores que figuran en la tabla 5 puede establecerse que la ecuación que relaciona los factores puntuación del mapa conceptual (MC) y puntuación en el test de memoria de trabajo (MT) con la puntuación en el cuestionario de comprensión (C) es

$$C=0,75+0,05MC+0,02MT$$

5. Conclusiones

Con la necesaria prudencia, podemos decir que parecen confirmarse las hipótesis planteadas en este trabajo. Así, de los ANOVAS simples realizados tomando como variable independiente el nivel académico de los estudiantes y como variables dependientes la puntuaciones del test de la memoria de trabajo, del mapa conceptual y del cuestionario de comprensión, se concluye que: un mayor nivel académico (mayor conocimiento previo) de los estudiantes puede comportar puntuaciones significativamente más altas en pruebas que midan la estructura de conocimiento conceptual, la memoria de trabajo, y la comprensión de un texto de ciencias (hipótesis primera).

Los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre las puntuaciones de las tres medidas mencionadas anteriormente son todos ellos estadísticamente significativos (tabla 3, que recoge a todos los sujetos participantes), como preveía la hipótesis segunda. No obstante, cuando el análisis se lleva a cabo en cada nivel académico sólo resulta ser significativa la correlación entre las puntuaciones del cuestionario de comprensión y del mapa conceptual en el nivel de 2º de Bachillerato.

De los resultados obtenidos del análisis de regresión lineal múltiple (tablas 4 y 5), se deduce que la puntuación del mapa conceptual y la puntuación en la prueba de memoria de trabajo son variables predictoras de la comprensión de un texto de ciencias (hipótesis

tercera). Además, ambas variables dan cuenta del 62% de la varianza de la puntuación de la prueba de comprensión, porcentaje muy alto si lo comparamos con otros estudios (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2006), lo que pone de manifiesto que ambas variables son muy buenas predictoras de la comprensión textual.

Estos resultados obtenidos avalan, nuevamente, el modelo de comprensión de textos de Kintsch (1998, van Dijk y Kintsch 1983), fundamentalmente por la correlación significativa entre las puntuaciones del mapa conceptual (que puede considerarse una medida aproximada de la base del texto, en concreto de la macroestructura textual) y la prueba de comprensión textual (que puede considerarse una medida aproximada del modelo de la situación). Pero también porque en este modelo, y en el de Just y Carpenter (1992), se pone de relieve la importancia de la memoria de trabajo en el procesamiento de las proposiciones para construir la macroestructura del texto, y este presupuesto teórico queda corroborado en la correlación significativa encontrada entre las puntuación del test de la memoria de trabajo y del mapa conceptual.

La correlación significativa entre la puntuación del test de la memoria de trabajo y la prueba de comprensión textual, está en consonancia con los postulados de los modelos de procesamiento de la información textual, pero también podría poner de manifiesto la importancia de la memoria de trabajo para construir las representaciones mentales necesarias cuando se desarrollan tareas que requieren de estrategias cognitivas y metacognitivas de alto nivel (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2007).

Se tiene que indicar que la principal limitación de la presente investigación puede derivarse de la naturaleza y el tamaño de la muestra. Los resultados y conclusiones que se obtienen sólo pueden ser válidos *stricto sensu* para el alumnado que ha intervenido en ella. Otras limitaciones pueden tener su origen en los instrumentos que se han empleado y, naturalmente, en aquellas variables que no se han podido o sabido controlar y que pueden haber influido en los resultados.

Para acabar, apuntaremos seguidamente algunas implicaciones que se derivan del presente estudio. La primera hace referencia al conocimiento previo de los estudiantes (que nosotros hemos asociado al nivel académico) como variable clave en el aprendizaje y comprensión de textos. Es imprescindible acceder al conocimiento previo de los estudiantes antes de proponerles cualquier tarea de aprendizaje relacionada con la comprensión de textos, si queremos que dicha actividad sea exitosa. Dicho de otra manera, hemos de acomodar el texto, a partir del cual pretendemos que se efectúen las actividades de aprendizaje, al conocimiento previo de los estudiantes. La segunda está relacionada con la capacidad de la memoria de trabajo. El profesorado debe entender que la memoria de trabajo puede suponer una auténtica barrera para el aprendizaje en aquellos estudiantes de capacidad reducida de dicha memoria y que, por tanto, lo hemos de tener en cuenta en nuestro diseño instruccional. La tercera está vinculada a los mapas conceptuales. Hemos visto en la fundamentación teórica que está más que probada su utilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Aquí hemos comprobado su asociación con la comprensión de un texto, de esta manera se entienden mucho mejor los resultados del trabajo de Chang, Sung y Chen (2002), en los que se constata la mejora en la comprensión de textos tras la confección de mapas conceptuales.

Referencias

- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México, DF: Trillas.
- Baddeley, A.D. (1995). Working memory. En M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences* (pp. 755-764). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bazán-Ramírez, A., Barrera-Vázquez, D.E. y Vega-Alcatara, N.I. (2013). Validación de constructos de competencias de lectura y producción de textos en los inicios de la generalización de la Reforma en la primaria Mexicana. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 11(4), 61-76.
- Brooks, D.W. y Shell, D.F. (2006). Working memory, motivation, and teacher-initiated learning. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 17-30.
- Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. En F.J. Perales y R. Porlan (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 323-338). Alcoy: Editorial Marfil.
- Cañas, J.J., Antolí, A. y Quesada, J.F. (2001). The role of working memory on measuring mental models of physical systems. *Psicológica*, 22, 25-42.
- Caplan, D. y Waters, G.S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 77-126.
- Chandran, S., Treagust, D.F. y Tobin, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 145-160.
- Chang, K.E., Sung, Y.T. y Chen, I.D. (2002). The effect of concept mapping to enhance text comprehension and summarization. *The Journal of Experimental Education*, 71(1), 5-23.
- De Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.
- Daneman, M. y Carpenter, P. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman, M. y Merikle, P.M. (1996). Working memory and comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 422-433.
- Edwards, J. y Fraser, K. (1983). Concepts maps as reflectors of conceptual understanding. *Research in Science Education*, 13, 19-26.
- Elosúa, M.R., Gutiérrez, F., García-Madruga, J.A., Luque, J.L. y Gárate, M. (1996). Adaptación española del "Reading span test" de Daneman y Carpenter. *Psicothema*, 8, 383-395.
- Ericsson, K.A. y Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Escoriza, J. (2009). Categorización y análisis de las dificultades en la comprensión del discurso escrito. *Aula Abierta*, 37(2), 55-78.
- Escudero, I. (2010). Las inferencias en la comprensión lectora: una ventana hacia los procesos cognitivos en segundas lenguas. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada*, 7(4), 1-32.
- García-Madruga, J.A., Gárate, M., Elosúa, M.R., Luque, J.L. y Gutiérrez, F. (1997). Comprensión lectora y memoria operativa: un estudio evolutivo. *Cognitiva*, 9(1), 99-132.
- Graesser, A., Millis, K. y Zwaan, R. (1997). Discourse comprehension. *Annual Review of Psychology*, 48, 163-189.
- Halford, G.S. (1993). *Children's understanding: The development of mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Hay, D.B. (2007). Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32, 39-57.
- Horton, P.B., McConney, A.A., Gallo, M., Woods, A.L., Senn, G.J. y Hamelin, D. (1993). An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. *Science Education*, 77, 95-111.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (2000). The current state of the mental model theory. En J.A. García-Madruga, N. Carriedo y M.J. González-Labra (Eds.), *Mental Models in Reasoning* (pp. 16-40). Madrid: UNED.
- Jonassen, D.H., Reeves, T., Hong, N., Harvey, D. y Peters, K. (1997). Concept mapping as a cognitive learning and assessment tools. *Journal of Interactive Learning Research*, 8, 289-308.
- Just, M.A. y Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kinchin, I.M. (2000). Using concept maps to reveal understanding: a two-tier analysis. *School Science Review*, 81(296), 41-46.
- Kinchin, I.M. (2001) Can a novice be viewed as an expert upside-down? *School Science Review*, 83(303), 91-95.
- Kinchin, I.M. y Hay, D.B. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42, 43-57.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lawless, C., Smee, P. y O'Shea, T. (1998). Using concept sorting and concept mapping in business and public administration, and in education: an overview. *Educational Research*, 40, 219-235.
- Lee, K.W.L., Goh, N.K., Chia, L.S. y Chin, C. (1996). Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, 80, 691-710.
- Light, L.L. y Anderson, P.A. (1985). Working memory, capacity, age, and memory for discourse. *Journal of Gerontology*, 40, 737-747.
- Liu, X. y Kinchey, M. (1996). The internal consistency of a concept mapping scoring scheme and its effect on prediction validity. *International Journal of Science Education*, 18, 921-937.
- McClure, J.R., Sonak, B. y Suen, H.K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 475-492.
- Milius, S. (2010). Sea slug steals genes for green, makes chlorophyll like a plant. *Science News*, 177, 10.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Montanero, M. (2003). Cómo evaluar la comprensión lectora. Alternativas y limitaciones. *Revista de Educación*, 335, 415-427.
- Moreira, M.A. y Buchweitz, B. (2000). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem. Os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

- Novak, J.D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 213-223.
- Novak, J.D. (1998). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1999). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- Radvansky, G.A. y Copeland, D.E. (2004). Reasoning, integration, inference alteration and text comprehension. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 58, 133-141.
- Ruiz-Primo, M.A. y Shavelson, R.J. (1996). Problems and issues in the use of concepts maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 569-600.
- Sánchez-Miguel, E. (1993). *Los textos expositivos*. Madrid: Santillana.
- Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2006). ¿Podemos predecir el rendimiento de nuestros alumnos en la resolución de problemas? *Revista de Educación*, 339, 693-710.
- Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2007). Representations in problem solving in science: directions for practice. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8 (2), art 4.
- Solaz-Portolés, J.J. y Sanjosé, V. (2009). Working memory in science problem solving: a review of research. *Revista Mexicana de Psicología*, 26, 79-90.
- Van Dijk, T. y Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Nueva York: Academic Press.

Anexo 1: Texto

Elysia chlorotica. El animal que también es vegetal

Elysia chlorotica es una especie de molusco que habita en la zona de Nueva Inglaterra y Canadá. Esta babosa tiene el cuerpo en forma de hoja de entre tres y seis centímetros de longitud, y se hizo conocida por ser el primer animal en que se demostró la capacidad de realizar la fotosíntesis. Fue descrita por Augustus Addison Gould en 1870. A principios del siglo XXI, científicos de la Universidad de Florida del Sur, Estados Unidos, realizaron investigaciones sobre su genoma y los resultados fueron comunicados en enero del 2010 en Seattle por el biólogo Sydney Pierce. Durante su juventud la babosa presenta una coloración grisácea que puede presentar manchas rojizas. A medida que se alimenta de algas de la especie *Vaucheria litorae* adquiere una coloración verde brillante debido a la concentración de cloroplastos en sus tejidos.

La captación de energía solar por fotosíntesis es más conocida como una propiedad exclusiva de las plantas. La fotosíntesis es la conversión de energía luminosa en energía química estable, siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esa energía química. Con posterioridad, y a partir de moléculas inorgánicas, el ATP se usa para sintetizar moléculas orgánicas de mayor estabilidad. Los orgánulos citoplasmáticos encargados de la realización de la fotosíntesis son los cloroplastos, unas estructuras polimorfas y de color verde (esta coloración es debida a la presencia del pigmento clorofila capaz de capturar energía de la luz del sol) propias de las células vegetales. Así, los organismos que tienen la capacidad de llevar a cabo la fotosíntesis utilizan el CO₂ atmosférico como fuente de carbono, el resto de los nutrientes provienen del suelo (nitratos, nitritos, sulfatos...).

Sydney Pierce lleva 20 años estudiando estas babosas y ha presentado hace poco sus más recientes descubrimientos. Estas babosas de mar succionan algas, preferentemente de la especie *Vaucheria litorae*, y consiguen llevar a cabo un proceso de endosimbiosis intracelular, incorporando los cloroplastos de las algas dentro del citoplasma de las células de su propio cuerpo, y manteniéndolos en funcionamiento; por lo tanto, fotosintetizando. Este hecho ya se conocía hace algún tiempo, pero los cloroplastos no funcionan normalmente por sus propios medios. Necesitan un aporte de moléculas de clorofila para poder funcionar, y por lo tanto sólo deberían funcionar durante un tiempo, hasta que se acabase la clorofila proporcionada por la ingestión de algas.

Pero el sorprendente descubrimiento actual es que la relación de las babosas con las algas va más allá de la incorporación de cloroplastos: han incorporado también la capacidad de sintetizar clorofila, incluyendo los genes responsables de ello en su propio ADN. Y lo han hecho tan bien que incluso transmiten estos genes a su descendencia. A este movimiento genético entre especies se llama transferencia horizontal de genes. Es común entre las bacterias, que se intercambian, por ejemplo, los genes de la resistencia a los antibióticos, pero no es tan común entre criaturas multicelulares. Lo único que aún no consiguen hacer es sintetizar los propios cloroplastos. Pero, una vez ingeridos los suficientes, y siempre que haya suficiente cantidad de luz, estas babosas pueden vivir y crecer normalmente sin aporte ninguno de comida, a partir de la energía que obtienen por fotosíntesis. Esto significa que la babosa verde puede utilizar el sol para realimentarse toda su vida (hasta un año), sin volver a comer nunca más.

Anexo 2: Listado de conceptos para la elaboración del mapa conceptual

Molusco, *Elysia chlorotica*, algas, endosimbiosis intracelular, gris, verde, genoma, *Vaucheria litorae*, células vegetales, citoplasma, cloroplastos, clorofila, genes sintetizadores de clorofila, fotosíntesis, energía solar, dióxido de carbono atmosférico, energía química, fuente de carbono, descendencia.

Anexo 3: Cuestionario de comprensión del texto

- 1.- ¿Cómo consigue la babosa realizar la fotosíntesis, siendo esta una propiedad exclusiva de las plantas?
- 2.- Cuando la clorofila es degradada por la babosa, los cloroplastos ya no podrían realizar su función. Entonces, ¿cómo es posible que sigan funcionando en el interior de *E. chlorotica* durante meses?
- 3.- Los animales comemos a otros seres vivos para poder alimentarnos y conseguir energía, pero ¿cómo lo hacen los vegetales? Explica este mecanismo de actuación.
- 4.- ¿Qué diferencia hay entre el proceso de simbiosis y el de transferencia horizontal?
- 5.- ¿Por qué crees que este molusco marino no puede sintetizar sus propios cloroplastos?