



Número 10
Diciembre de 2018

Técnicas de aprendizaje de conocimiento científico a partir de textos

Alba Rubio Peñarrubia
ERI-Lectura
Universidad de Valencia

Recibido: 04-07-2018
Aceptado: 30-11-2018

Pág. 1 a la 29

Abstract:

Keywords

conocimiento científico, comprensión del texto, proceso cognitivo, técnica de aprendizaje, tecnología educativa

Este estudio analiza la eficacia de orientar la lectura y el aprendizaje de conocimiento científico mediante la técnica de responder preguntas abiertas (RPA) frente al uso de técnicas cuya responsabilidad de comprensión recae en el propio lector, entre ellas, las auto-explicaciones (AE). Noventa y un estudiantes de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria fueron evaluados inicialmente en conocimientos previos y, posteriormente, asignados aleatoriamente a las condiciones experimentales (AE, RPA). La fase experimental fue realizada en un entorno electrónico y con el texto disponible. Un día después, los estudiantes realizaron una prueba de aprendizaje con preguntas abiertas base-del-texto y modelo-de-situación relativas al texto. Los resultados mostraron que los estudiantes de AE fueron menos eficientes en relación al tiempo de lectura ($M = 914.63$; $DT = 245.25$), $t(61.077) = -6.96$, $p < .001$, y de respuesta ($M = 914.75$; $DT = 361.39$), $t(69.928) = -3.44$, $p = .001$. Las técnicas de aprendizaje

interactúan con el desarrollo de estrategias de procesamiento, $F(1,75) = 28.841$, $p < .001$; $\eta^2 = .278$. Las AE centraron la atención del estudiante en el texto y en competencias cognitivas superficiales, tales como las paráfrasis ($M = 10.26$; $DT = 3.18$), $t(75) = -5.92$, $p < .001$; sin embargo, RPA fomentó significativamente el uso de elaboraciones ($M = 6.71$; $DT = 1.72$), $t(62.447) = 4.31$, $p < .001$. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones teóricas y aplicadas en el ámbito educativo, ya que clarifican cuestiones teóricas referidas a principios de enseñanza-aprendizaje de conocimiento declarativo complejo (e.g., conocimiento científico) y, también, sugieren prácticas instruccionales eficaces. Guiar el aprendizaje mediante RPA favorece la eficiencia y procesos de comprensión más complejos.

Introducción¹

En general, los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) están acostumbrados a leer textos expositivos con el objetivo de dar respuesta a una tarea determinada (i.e., subrayar, resumir, auto-explicar, contestar preguntas). El procesamiento de un texto y su aprendizaje varían en función del propósito de lectura, el cual influye en la atención de los estudiantes, su recuerdo y su comprensión (Matthew, McCrudden, Schraw, 2007; McCrudden, Magliano y Schraw, 2011; van den Broek *et al.*, 2001; Wilson y Sperber, 2004). Este enfoque es conocido como lectura-orientada-a-tareas (OECD, 2009; Snow, 2002; Vidal-Abarca, Mañá y Gil, 2010).

Las tareas realizadas durante la lectura pueden convertirse en importantes técnicas de aprendizaje autónomo a partir de textos; sin embargo, los estudiantes no conocen la eficacia de las mismas ni han sido entrenados para su desempeño (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan y Willingham, 2013). Por ello, el presente estudio analiza la efectividad de las auto-explicaciones (AE) y de responder preguntas abiertas (RPA) como técnicas para el aprendizaje de conocimiento científico, siendo conceptualizado este tipo de conocimiento como declarativo complejo principalmente por su nivel de abstracción. Ambas técnicas llevan implícitas la realización de tareas que no se corresponden con los modelos de comprensión general descritos por Graesser, Singer y Trabasso (1994) o Kintsch (1998), ya que su lectura no es lineal (Cerdán, Vidal-Abarca, Martínez, Gilabert y Gil, 2009; Chi, De Leeuw, Chiu y Lavancher, 1994) y el texto está disponible durante la práctica de la técnica.

Las AE se entienden como una actividad inferencial y de construcción del propio aprendizaje (Chi *et al.*, 1994; Best, Ozuru y McNamara, 2004; Ozuru, Briner, Best y McNamara, 2010), es decir, son explicaciones de la información textual generadas *por* el estudiante y *para* el estudiante a medida que va leyendo (McNamara, 2004; McNamara y Magliano, 2009; Rittle-Johnson, 2006). La responsabilidad del aprendizaje recae en el propio lector, pues es quien orienta su comprensión y realiza las inferencias oportunas hasta alcanzar una representación mental coherente (McNamara, 2004). Numerosas investigaciones han constatado que los lectores que usan espontáneamente buenas AE construyen modelos mentales más precisos (Magliano, Trabasso y Graesser, 1999); sin embargo, otros estudios realizados con textos expositivos de ciencias han demostrado que es más eficaz motivar el uso de AE (Chi *et al.*, 1994; Rittle-Johnson y Loehr, 2016; Schworm y Renkl, 2007).

Pese a que la AE puede promover estrategias de procesamiento de alto nivel, como por ejemplo las elaboraciones (integración de la nueva información con el conocimiento previo), estudios recientes han considerado que la utilidad de la AE es

¹ Investigación apoyada por el Proyecto EDU2017-86650-R financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

moderada (Dunlosky *et al.*, 2013), pues la comprensión alcanzada con esta técnica es global (McCrudden y Schraw, 2007) y no es efectiva para todo tipo de materiales (Rittle-Johnson y Loehr, 2016; Williams, Lombrozo y Rehder, 2013). Asimismo, los estudiantes tienen serias dificultades para generar AE, por lo que, en lugar de realizar elaboraciones, se centran en estrategias de comprensión superficial (repetición o paráfrasis de información textual) que no conducen al aprendizaje significativo (Rittle-Johnson y Loehr, 2016; Brien y Cook, 2015).

En cambio, RPA es una técnica de aprendizaje de alta utilidad (Dunlosky *et al.*, 2013), ya que permite organizar y procesar mentalmente la información relevante (Hunt, 2006; McCrudden y Scraw, 2007). Esta técnica se ha mostrado más eficaz que la relectura o el reestudio del material (McDaniel, Wildman y Anderson, 2012); no obstante, la efectividad de este procedimiento depende de diversos aspectos, entre ellos, el tipo de preguntas (Cerdán *et al.*, 2009; Rouet, Vidal-Abarca, Bert-Erboul y Millogo, 2001) y la promoción de inferencias entre la información relevante (Vidal-Abarca, Britt y Rouet, 2015).

Respecto al tipo de preguntas, existen evidencias sobre la influencia de las características de las preguntas en el procesamiento y comprensión profunda de los textos (Cerdán y Vidal-Abarca, 2008; Cerdán *et al.*, 2009; Vidal-Abarca, Gilabert y Rouet, 2005). Las preguntas de base-del-texto (BT) y modelo-de-situación (MS) producen diferentes patrones de procesamiento (Ozgungor y Guthrie, 2004). Las primeras son aquellas que se pueden responder con estrategias superficiales de comprensión (Rouet *et al.*, 2001); mientras que el segundo tipo de preguntas requiere realizar inferencias entre la información relevante del texto e incluso incorporar conocimientos previos (Ozgungor y Guthrie, 2004). Numerosos estudios afirman la efectividad de las preguntas abiertas y de alto nivel o de MS sobre las preguntas BT en el recuerdo, el aprendizaje y la comprensión profunda (Ozuru, Briner, Kurby y McNamara, 2013; Vidal-Abarca *et al.*, 2005), ya que fomentan las inferencias entre la nueva información y la ya almacenada en la memoria a largo plazo (Cerdán, *et al.*, 2009) y, por consiguiente, facilitan la construcción de una representación mental del texto coherente e integrada, incluso cuando el texto tiene una estructura formal y expositiva (Kintsch, 1998; Ozgungor y Guthrie, 2004).

La naturaleza de la técnica a implementar influye en el aprendizaje. Las preguntas ofrecen un objetivo explícito de lectura al estudiante, bien sea para localizar la información relevante del texto (preguntas de BT), o bien sea para hacer reflexionar, transferir y aplicar la información textual a otras situaciones no explícitas en el texto (preguntas de MS); sin embargo, las AE no ofrecen una demanda explícita, de manera que los estudiantes atienden a la estructura del texto, a modo de criterio de importancia, para diferenciar qué información del texto es relevante (Schraw, Wade y Kardash, 1993).

Objetivos e hipótesis

Este estudio tiene como principal objetivo analizar la efectividad de orientar la lectura y el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo (conocimiento científico) mediante la técnica de responder preguntas abiertas (RPA) frente al uso de auto-explicaciones (AE), en la cual la responsabilidad de comprensión viene determinada por el propio estudiante.

1. Así como reportaron los estudios de McCrudden y Schraw (2007) y McCrudden, Magliano y Schraw (2010), consideramos que el perfil de estrategias de procesamiento (paráfrasis y elaboraciones) será más equilibrado en RPA que en AE (Hipótesis 1).
2. Asimismo, las preguntas, especialmente las de MS, fomentarán procesos cognitivos más complejos frente a la comprensión auto-orientada de las AE (Ozuru, Briner, Kurby y McNamara, 2013), por lo que los estudiantes de RPA presentarán más elaboraciones que los estudiantes de AE (Hipótesis 2).
3. Una mayor presencia de elaboraciones promoverá el aprendizaje del conocimiento científico estudiado en la fase experimental puesto que esta estrategia de procesamiento lleva implícito el principio de construcción-integración (Kintsch, 1998), es decir, el estudiante relacionará la nueva información con los conocimientos previos almacenados en la memoria a largo plazo (Hipótesis 3).
4. En relación a la Hipótesis 3, los estudiantes de RPA tendrán un mayor rendimiento en la prueba de aprendizaje que los de AE, puesto que las elaboraciones estarán más presentes en la comprensión orientada mediante preguntas (RPA) que en la comprensión auto-orientada (Hipótesis 4).
5. Por último, esperamos replicar la conclusión de Dunlosky *et al.* (2013) relativa al menor tiempo de resolución de la tarea de RPA frente a AE (Hipótesis 5).

Método

Participantes

En el estudio participaron 91 estudiantes de tercero de ESO pertenecientes a dos institutos públicos de Valencia, de los cuales 14 fueron excluidos por no disponer de la totalidad de las pruebas. Así, la muestra final fue de 77 estudiantes (38 mujeres y 39 hombres) con una edad media de 14.57 (14.58 en mujeres y 14.56 en hombres), siendo

el rango de edad entre 14 y 16 años. Todos los participantes tenían un dominio nativo en la lengua española.

El diseño del estudio fue entre-sujetos con participantes asignados aleatoriamente a una de las dos técnicas: AE ($n = 42$) y RPA ($n = 35$). No existen diferencias en conocimientos previos en ciencias entre AE ($M = 19.26$; $SD = 4.78$) y RPA ($M = 19.97$; $SD = 3.33$), $t(75) = 2.389$, $p = .126$.

Materiales

Test de Conocimientos Previos (TCP). Este test evalúa el conocimiento general sobre ciencias a través de 30 ítems de Verdadero/Falso. Un ejemplo de ítem es el siguiente: “*Las partículas de los gases están en constante movimiento*”. La puntuación total es el sumatorio de respuestas correctas en base a una plantilla de corrección, siendo 30 la puntuación máxima. El análisis de fiabilidad comprendió estos 30 ítems y alfa de Cronbach mostró una aceptable consistencia interna ($\alpha = .74$).

Texto. Este versa sobre la *Presión Atmosférica*. Contiene 1126 palabras y 20 párrafos distribuidos en cinco apartados precedidos por un subtítulo. Once de estos párrafos contienen información relevante para la tarea RPA y AE.

Doce auto-explicaciones vs. doce preguntas abiertas. Tanto las AE como RPA son diferentes en cuanto al procedimiento. Mientras los estudiantes de RPA debían leer el texto en primer lugar y luego responder 12 preguntas abiertas; los estudiantes de AE no hicieron una lectura inicial del texto, sino que auto-explicaron 12 frases-objetivo (en negrita) a medida que iban leyendo.

Las doce preguntas de RPA fueron diseñadas teniendo en cuenta dos niveles de representación: seis preguntas BT y seis preguntas MS. Un ejemplo de pregunta de BT es el siguiente: “*¿Qué da lugar a la presión atmosférica?*” y su respuesta correspondía a la primera frase-objetivo a auto-explicar (cuarto párrafo). Por otro lado, un ejemplo de pregunta de MS es el siguiente: “*Si intentases replicar el experimento de Torricelli en lo alto de una montaña de ocho mil metros, en vez de al nivel del mar, donde se realizó el original, ¿por qué saldría más mercurio del tubo a la cubeta, bajando más de 760 mm de altura?*”. Para responder a esta pregunta, el estudiante debía haber entendido el experimento de Torricelli que se explica en el texto, debía relacionar las ideas del décimo y undécimo párrafo, además de integrar sus conocimientos previos.

La información-objetivo que los estudiantes de AE debían auto-explicar correspondía a la información pertinente necesaria para responder a la totalidad de las preguntas. Para determinar estas frases, se realizó un estudio piloto con 20 estudiantes

universitarios de primer curso, quienes debían subrayar la información pertinente del texto para responder a las preguntas.

Todas las auto-explicaciones iban precedidas por el siguiente enunciado: “*Explica el fragmento resaltado en negrita teniendo en cuenta toda la información del texto que consideres necesaria*”. De este modo, se intentó fomentar que el estudiante no se limitase a la frase-objetivo y realizase las inferencias oportunas entre información textual y conocimientos previos.

Este texto ha sido ampliamente utilizado por el grupo ERI-Lectura en relación a la tarea de RPA, reportando un nivel de consistencia interna de .72 en función de la puntuación obtenida en la respuesta a las preguntas (máximo 12 puntos). En el presente estudio se categorizaron las estrategias de procesamiento de todas las respuestas, tanto de RPA como de AE, por acuerdo de interjueces, obteniendo índices Kappa (k) de Cohen de .88 y .75, respectivamente. Posteriormente, se debatieron y resolvieron los desacuerdos existentes.

Software: Read&Learn (Vidal-Abarca *et al.*, 2018). Es un *software*-web diseñado por ERI-Lectura (Universidad de Valencia) que no requiere la instalación previa de ningún programa. La condición de RPA se caracteriza por el uso de dos pantallas, una para el texto y otra para las preguntas (véase Figura 1); mientras que en AE, texto y AE se encuentran en una misma pantalla (véase Figura 2).

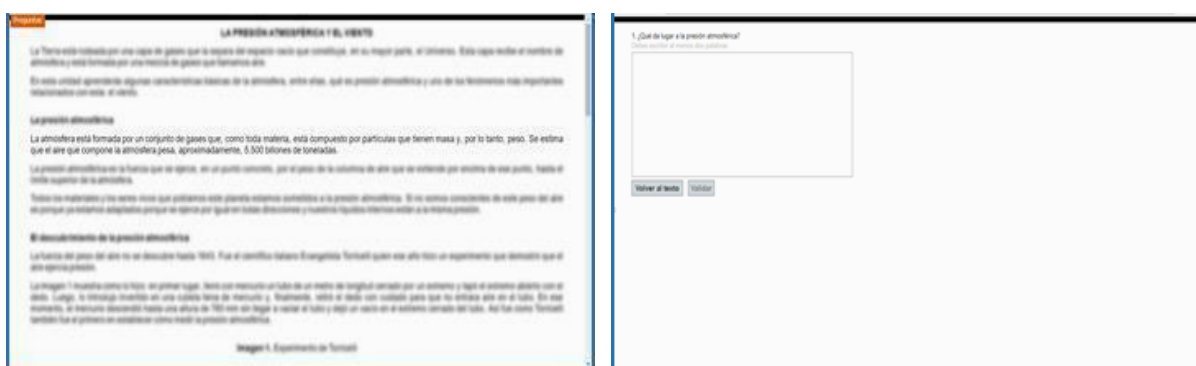


Figura 1. *Plantilla de dos pantallas de RPA con la pantalla de texto (izquierda) y la pantalla de preguntas (derecha)*

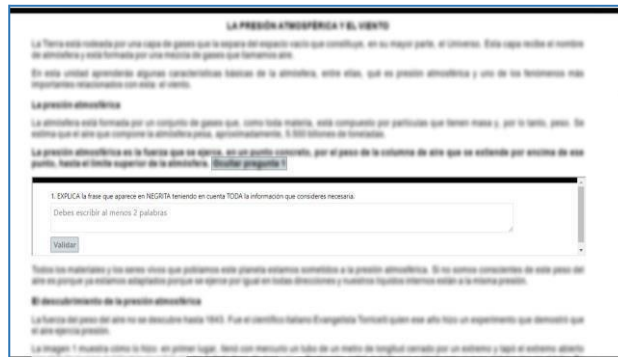


Figura 2. Plantilla de una pantalla de la condición AE

En ambas condiciones, el texto y los enunciados estaban enmascarados. Para leer cualquier parte del texto o el enunciado, el estudiante tenía que clicar encima de la información. Una vez el estudiante clicaba un nuevo segmento de información, el anterior volvía a enmascararse. No obstante, cada segmento podía releerse tantas veces como fuera necesario.

Prueba de aprendizaje. Esta prueba consta de 20 preguntas abiertas de respuesta corta con la que se evaluó el aprendizaje de los estudiantes. Su análisis de fiabilidad comprendió estas 20 preguntas y alfa de Cronbach mostró una consistencia interna aceptable ($\alpha = .73$). Las preguntas fueron corregidas utilizando un rango de 0 a 1 con una puntuación parcial (0.5) mediante acuerdo de interjueces medido por Kappa (k) de Cohen. Este indicador que reportó un acuerdo sustancial ($k = .74$).

Procedimiento

Este estudio se llevó a cabo a través de tres sesiones colectivas:

- Sesión 1: *Pre-test*. En la primera sesión, se administró el Test de Conocimientos Previos sobre Ciencias, oscilando su aplicación entre 15 – 20 minutos.
- Sesión 2. *Fase Experimental*. Entre los dos o tres días posteriores, se realizó la tarea experimental empleando *Read&Learn*. Para ello, se dieron instrucciones verbales y visuales sobre la tarea que cada uno debía realizar, del funcionamiento del sistema y de la navegación por el mismo. Esta sesión tuvo una duración de 45 – 50 minutos, aproximadamente. Ambas condiciones experimentales se caracterizaron por el texto disponible durante la realización de la tarea para evitar la influencia del efecto de memoria.
- Sesión 3. *Post-test*. Un día después a la fase de entrenamiento, los estudiantes respondieron a las 20 preguntas abiertas. La duración de esta última sesión fue de 30 – 40 minutos.

Medidas

En este estudio fueron empleadas como medidas *off-line* la puntuación en la prueba de aprendizaje (*TotAp*), además de las siguientes medidas de estrategias de procesamiento durante la tarea experimental: total de paráfrasis (*nTotPar*) y total de elaboraciones (*nTotElab*), diferenciando entre el número de paráfrasis correctas (*nPar1*) e incorrectas (*nPar0*) y el número de elaboraciones correctas (*nElab1*) e incorrectas (*nElab0*). Por otro lado, como medidas *on-line*, utilizamos el tiempo total leyendo el texto (*tLect*) y el tiempo total respondiendo (*tResp*).

Para analizar los datos se llevaron a cabo ANOVAs de medidas repetidas entre variables independientes y las estrategias de procesamiento, así como con las medidas *on-line*. También, se realizaron análisis correlacionales y pruebas de comparación de medias (pruebas *t*), utilizándose los indicadores correspondientes en caso de no poder asumir varianzas iguales.

Resultados

Perfil de estrategias de procesamiento de las técnicas de aprendizaje

Un ANOVA 2 (RPA, AE) x 2 (*nTotPar*, *nTotElab*) mostró diferencias significativas en la estrategia de procesamiento, $F(1,75) = 32.837, p < .001; \eta_p^2 = .305$, además de interacción con la variable independiente, $F(1,75) = 28.841, p < .001; \eta_p^2 = .278$. Los estudiantes RPA utilizaron de una manera más equilibrada ambas estrategias, empleando significativamente más elaboraciones ($t(62.447) = 4.31, p < .001$) y menos paráfrasis ($t(75) = -5.092, p < .001$) en comparación con los estudiantes de AE, quienes se centraron en esta última estrategia de procesamiento superficial (véase Figura 3).

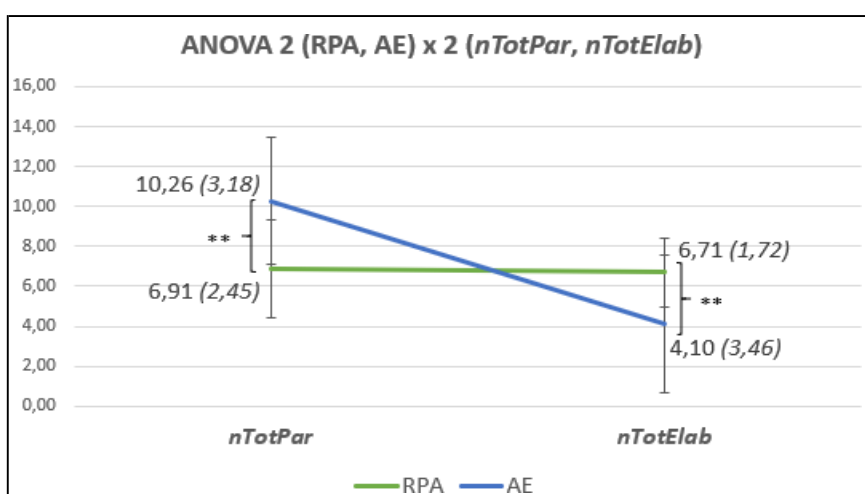


Figura 3. Medias (DTs) de estrategia de procesamiento por técnica de aprendizaje.

* $p < .05$; ** $p < .01$

El efecto principal de la variable independiente (AE, RPA) fue significativo en la precisión de las paráfrasis y elaboraciones, $F(1,75) = 25.928, p < .001; \eta_p^2 = .257$ y $F(1,75) = 16.625, p < .001; \eta_p^2 = .181$, respectivamente. También fue significativo el efecto en la precisión de las paráfrasis ($nPar1, nPar0$), $F(1,75) = 352.089, p < .001; \eta_p^2 = .824$, así como la interacción con la variable independiente en paráfrasis, $F(1,75) = 8.189, p = .005; \eta_p^2 = .098$, y en elaboraciones ($nElab1, nElab0$), $F(1,75) = 9.018, p = .004; \eta_p^2 = .107$. En AE se realizaron significativamente más $nPar1$ y $nPar0$, $t(75) = -4.27, p < .001$ y $t(72.285) = -3.22, p = .002$; mientras que en RPA, los estudiantes realizaron significativamente más $nElab0$, $t(75) = 4.97, p < .001$ (véase Tabla 1).

Tabla 1. Media (DTs) de estrategias de procesamiento por técnica de aprendizaje

Técnica	nTotPar	nPar1	nPar0	nTotElab	nElab1	nElab0
RPA	6.91 (2.45)	6.06 (2.71)	0.86 (0.81)	6.71 (1.72)	2.66 (1.71)	4.06 (2.07)
AE	10.26 (3.18)	8.67 (2.64)	1.60 (1.19)	4.10 (3.46)	2.29 (2.11)	1.81 (1.89)

Aprendizaje adquirido con cada técnica de aprendizaje

No hubo diferencias significativas en $TotAp$ entre las técnicas de AE y RPA, $t(75) = .52, p = .604$. Tampoco se observaron diferencias entre técnicas de aprendizaje en $TotApBT$, $t(75) = .40, p = .693$, y $TotApMS$, $t(75) = .56, p = .577$. No obstante, los estudiantes de RPA obtuvieron un $TotAp$ ligeramente superior a AE, invirtiendo significativamente un menor tiempo de lectura del texto ($tLect$), $t(61.077) = -6.96, p < .001$, y tiempo de repuesta ($tResp$), $t(69.928) = -3.44, p = .001$ (véase Tabla 2).

Tabla 2. Media (DTs) de medidas off-line y on-line por técnica de aprendizaje

Técnica	Medidas off-line			Medidas on-line	
	$TotAp$	$TotApBT$	$TotApMS$	$tLect$	$tResp$
RPA	6.00 (2.76)	3.46 (1.89)	2.54 (1.34)	440.84 (334.81)	681.95 (225.93)
AE	5.66 (3.01)	3.29 (1.89)	2.37 (1.37)	914.63 (245.25)	914.75 (361.39)

Relación entre estrategias de procesamiento y aprendizaje

Estas estrategias de procesamiento presentaron diferentes correlaciones con el aprendizaje ($TotAp$). $nTotPar$ correlacionó positiva y significativamente con el rendimiento en la tarea de aprendizaje ($TotAp$) y con las preguntas base-texto ($TotApBT$) en el caso de RPA, pero no en AE (véase Tabla 3). $nPar1$ solo correlacionó en RPA con el $TotAp$ ($r = .47, p = .004$) y con $TotApBT$ ($r = .56, p < .001$). En AE, la estrategia de

paráfrasis ($nTotPar$, $nPar1$ y $nPar0$) no correlacionó significativamente con ninguna medida de aprendizaje. Por otro lado, $nTotElab$ solo manifestó correlaciones positivas en AE, especialmente en $TotApMS$ ($r = .40$, $p = .009$). Las correlaciones fueron positivas y significativas entre $nElab1$ y las medidas de aprendizaje ($TotAp$, $TotApBT$, $TotApMS$) en AE y RPA, exceptuando $TotApMS$ en RPA ($r = .25$, $p = .148$). Asimismo, se observó que $nElab0$ correlacionó negativa y significativamente con $TotAp$ ($r = -.38$, $p = .024$) y con $TotApBT$ ($r = -.53$, $p = .001$) en RPA.

Tabla 3. Correlaciones de estrategias de procesamiento por técnica de aprendizaje

		TotAp	TotApBT	TotApMS
nTotPar	RPA	.478**	.605**	.131
	AE	.140	.159	.087
nPar1	RPA	.472**	.564**	.177
	AE	.143	.132	.133
nPar0	RPA	-.132	-.052	-.197
	AE	.055	.134	-.063
nTotElab	RPA	-.043	-.203	.196
	AE	.316*	.214	.400**
nElab1	RPA	.417*	.432**	.250
	AE	.526**	.431**	.563**
nElab0	RPA	-.381*	-.526**	-.043
	AE	-.010	-.090	.103

Discusión y conclusiones

Existen técnicas de aprendizaje que influyen en las estrategias de procesamiento y, por consiguiente, en la formación de la representación mental del texto (Lehman y Schraw, 2002; McCrudden, Schraw y Kambe, 2005; van den Broek et al., 2001). En este estudio, se ha analizado el procesamiento y la efectividad de las auto-explicaciones (AE) y responder preguntas abiertas (RPA) con el texto disponible. Nuestro interés

específico es comparar el procesamiento inducido por ambas técnicas, así como su eficacia para el aprendizaje.

Este estudio asumió que la técnica de RPA y de AE favorecerían diferentes patrones de procesamiento del texto. Así, los estudiantes de AE centrarían su atención en la información textual (Rittle-Johnson y Loehr, 2016), mientras que los estudiantes de RPA utilizarían información textual e información más allá del texto (e.g., conocimientos previos). Los resultados confirmaron esta hipótesis. Los estudiantes de AE utilizaron significativamente más paráfrasis ($nTotPar$) que los estudiantes de RPA; en cambio, los estudiantes de RPA manifestaron un perfil más equilibrado entre el uso de paráfrasis ($nTotPar$) y elaboraciones ($nTotElab$). Esto indica que la técnica de AE focaliza la atención de los estudiantes en memorizar la información textual, mientras que la técnica de RPA favorece que los estudiantes utilicen estrategias de comprensión superficial y profunda.

El hecho de que RPA favorezca un procesamiento más equilibrado entre estrategias de comprensión textual (i.e., paráfrasis) y extratextual (i.e., elaboraciones), puede deberse a los diferentes tipos de preguntas (Cerdán et al., 2009; Ozgungor y Guthrie, 2004). Los estudiantes de RPA respondían preguntas basadas en información textual (preguntas BT), pero también respondían preguntas basadas en situaciones hipotéticas que exigían una aplicación de los conocimientos aprendidos (preguntas MS). Por tanto, también se hipotetizó que los estudiantes de RPA presentarían más elaboraciones ($nTotElab$) que los estudiantes de AE. Los resultados confirmaron esta hipótesis. Por tanto, RPA activa procesos de transferencia o aplicación de conocimientos previos y las AE no facilitan que el estudiante vaya más allá del texto.

Por otro lado, contrariamente a la literatura existente (Cerdán et al., 2009; Ozgungor y Guthrie, 2004) y a la hipótesis planteada, el mayor número de elaboraciones ($nTotElab$) que presentaron los estudiantes de RPA no se relacionó con un mayor aprendizaje del texto ($TotAp$). En la condición de RPA, los resultados reportaron que las estrategias de comprensión superficial ($nTotPar$ y $nParI$) se relacionaron significativamente con las preguntas de BT ($TotApBT$); sin embargo, las estrategias de comprensión profunda ($nTotElab$, $nElab0$, $nElab1$) no correlacionaron con las preguntas MS ($TotApMS$) ni con el aprendizaje global ($TotAp$). Las correlaciones significativas y positivas entre $nTotElab$ y las medidas de aprendizaje fueron manifestadas en la condición de AE. Esto podría explicarse por la presencia significativa de más errores de elaboración ($nElab0$) en los estudiantes de RPA que en los de AE.

Tampoco se confirmó la hipótesis relativa a que los estudiantes de RPA obtendrían un aprendizaje ($TotAp$) significativamente mayor, ya que la mayor presencia de estrategias de procesamiento profundo ($nTotElab$) en RPA no contribuyó de la forma esperada por la presencia de errores ($nElab0$). No obstante, pese a no diferenciarse

significativamente ambas técnicas en el aprendizaje, los estudiantes de RPA obtuvieron un rendimiento ligeramente superior, invirtiendo menos tiempo leyendo el texto (*tLect*) y respondiendo (*tResp*) en la fase experimental. Esto indica que el procesamiento guiado a través de preguntas (RPA) es más eficiente que el procesamiento guiado por las explicaciones que un estudiante hace con sus propias palabras y para sí mismo(AE).

Pese a que este estudio demostró que ambas técnicas de aprendizaje (RPA, AE) inducen diferentes procesos de comprensión del texto, no se pudo demostrar que el procesamiento de una de las técnicas contribuya a un mejor aprendizaje. Otra limitación se refiere a que los resultados y conclusiones de este estudio no pueden ser generalizados por el reducido tamaño de la muestra y por el efecto suelo de la prueba de aprendizaje. Los estudiantes de ambas técnicas obtuvieron un bajo rendimiento, posiblemente, por la dificultad del contenido del texto o por la dificultad de aplicar los conocimientos aprendidos a las situaciones hipotéticas planteadas en las preguntas de MS de la prueba de aprendizaje. Otro motivo que puede explicar el bajo rendimiento puede estar relacionado con la naturaleza de la tarea: por un lado, los estudiantes de RPA realizan más elaboraciones a partir de su conocimiento previo, el cual puede presentar errores que estén distorsionando la formación de una representación mental congruente del texto; y, por otro lado, los estudiantes de AE tienen dificultades para auto-orientar su comprensión y explicar con sus propias palabras información abstracta (Rittle-Johnson y Loehr, 2016).

Para futuras investigaciones recomendamos el uso de materiales de diferente nivel de abstracción y, también, el uso de reglas de *feedback* para reducir el efecto de los errores de conocimiento previo. Para eliminar un posible efecto de interferencia de la complejidad o el desconocimiento de la técnica en el aprendizaje, sería conveniente emplear algunas sesiones de formación-entrenamiento en el uso de auto-explicaciones (AE) y de responder preguntas (RPA).

En conclusión, esta investigación sobre técnicas de aprendizaje a partir de textos tiene repercusiones teóricas y educativas importantes. Para enseñar conocimiento declarativo complejo (e.g., conocimiento científico), se debería orientar la comprensión de los estudiantes a través de preguntas (RPA). Las preguntas promueven un procesamiento más profundo del texto y las AE centran la atención del estudiante únicamente en el texto. Existen evidencias relativas a que responder preguntas es una técnica de aprendizaje habitual en las aulas (Ness, 2011; Sánchez y García, 2015); sin embargo, es necesario enfatizar en la corrección de errores conceptuales y en el uso de las preguntas de MS para la construcción-integración del conocimiento y la congruencia de la representación mental final del texto.

Referencias

- Best, R. M., Ozuru, Y. y McNamara, D. S. (2004). *Self-explaining science texts: strategies, knowledge and reading skill*. International Conference for the Learning Sciences, California, LA.
- Cerdán, R. y Vidal-Abarca, E. (2008). The effects of tasks on integrating information from multiple documents. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 209-222.
- Cerdán, R., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gilabert, R. y Gil, L. (2009). Impact of question-answering tasks on search processes and reading comprehension. *Learning and Instruction*, 19(1), 13-27.
- Chi, M. T., Leeuw, N., Chiu, M. H. y LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive science*, 18(3), 439-477.
- Dunlosky, J., Rawson, K.A., Marsh, E. J., Nathan, M. J. y Willingham, D.T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58.
- Hunt, R. R. (2006). The concept of distinctiveness in memory research. En R. R. Hunt y J. B. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 3–25). New York, NY: Oxford University Press.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lehman, S. y Schraw, G. (2002). Effects of coherence and relevance on shallow and deep text processing. *Journal of Educational Psychology* 94(4), 738–750.
- McCrudden, M. T. y Schraw, G. (2007). Relevance and goal-focusing in text processing. *Educational Psychology Review*, 19(2), 113–139.
- McCrudden, M. T., Magliano, J. y Schraw, G. (2010). Exploring how relevance instructions affect personal reading intentions, reading goals, and text processing: A mixed methods study. *Contemporary Educational Psychology*, 35(4), 229-241.
- McCrudden, M. T., Schraw, G. y Kambe, G. (2005). The effect of relevance instructions on reading time and learning. *Journal of Educational Psychology*, 97(1), 88–102.
- McDaniel, M.A., Wildman K.M. y Anderson, J.L. (2012). Using quizzes to enhance summative-assessment performance in a Web-based class: An experimental study. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(1), 18-26.

- McNamara, D. S. (2004). SERT: Self-Explanation Reading Training. *Discourse Processes*, 38(1), 1-30.
- McNamara, D. S. y Magliano, J. (2009). Chapter 9 Toward a Comprehensive Model of Comprehension. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 51, 297-384.
- Ness, M. (2011). Explicit reading comprehension instruction in elementary classrooms: Teacher use of reading comprehension strategies. *Journal of Research in Childhood Education*, 25(1), 98–117.
- OECD (2009). *PISA 2009: Assessment Framework Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Paris, France: OECD Publishing.
- Ozgungor, S. y Guthrie, J. T. (2004). Interactions among elaborative interrogation, knowledge, and interest in the process of constructing knowledge from text. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 437–443.
- Ozuru, Y., Briner, S., Best, R. y McNamara, D.S. (2010). Contributions of Self-Explanation to Comprehension of High- and Low-Cohesion Texts. *Discourse Processes*, 47(8), 641-667.
- Ozuru, Y., Briner, S., Kurby, C. A. y McNamara, D. S. (2013). Comparing comprehension measured by multiple-choice and open-ended questions. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 67(3), 215.
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: Effects of self-explanation and direct instruction. *Child development*, 77(1), 1-15.
- Rittle-Johnson, B. y Loehr, A. M. (2016). Eliciting explanations: Constraints on when self-explanation aids learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(5), 1501-1510.
- Rouet, J-F., Vidal-Abarca, E., Bert-Erboul, A. y Millogo, V. (2001). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Process*, 31(2), 163-186.
- Sánchez, E. y García, J.R. (2015). Understanding Teachers as Learners in Reading Comprehension Mentoring. En H. Tillema, G. J. van der Westhuizen y K. Smith (Eds), *Mentoring for Learning* (pp. 227–255). Rotterdam, The Netherlands: SensePublishers,

- Schraw, G., Wade, S. E. y Kardash, C. A. (1993). Interactive effects of text-based and task-based importance on learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 652–661.
- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension*. Santa Monica, CA: RAND.
- Van den Broek, P., Lorch, R.F., Linderholm, T. y Gustafson, M. (2001). The effects of readers' goals on inference generation and memory for texts. *Memory & Cognition*, 29(8), 1081-1087.
- Vidal-Abarca, E. Britt, M.A. y Rouet, J-F. (2015). *Reading comprehension in context: The role of task models and decision-making in task-oriented reading*. Manuscript submitted for publication.
- Vidal-Abarca, E., Gilabert, R. y Rouet, J-F. (2005). El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias. *Tarbiya, revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 129-147.
- Vidal-Abarca, E., Mañá, A. y Gil, L. (2010). Individual differences for self-regulating task-oriented reading activities. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 817-826.
- Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Serrano, M. A., Gil, L., Mañá, A., Máñez, I., García, A., Gilabert, R., Cerdán, R., Rubio, A., Candel, C., Ferrer, A., Ávila, V., Grimaldo F. y García, D. (2018, julio). *Read&Learn: A Research Tool to Record Online Processing While Learning*. Póster presentado en 28th Annual Meeting of the Society for Text & Discourse, Brighton, United Kingdom.
- Williams, J. J., Lombrozo, T. y Rehder, B. (2013). The hazards of explanation: Overgeneralization in the face of exceptions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1006.
- Wilson, D. y Sperber, D. (2004). Relevance theory. En L. Horn y G. Ward (Eds.), *The Handbook of Pragmatics* (pp. 607-632). Oxford, England: Blackwell Publishing.



Number 10
2018 December

Techniques for Learning Scientific Knowledge from Texts

Alba Rubio Peñarrubia
ERI-Lectura
Universidad de Valencia

Pag. 1 to 29

Abstract:

Keywords

scientific knowledge, text comprehension, cognitive process, learning technique, educational technology

This study analyzes the efficacy of guiding the reading and learning of scientific knowledge through the technique of answering open-ended questions (AOQ) versus the use of techniques that the reader is responsible for understanding the text, including self-explanations (SE). Ninety-one students in the third year of obligatory secondary education were initially assessed on prior knowledge and then randomly assigned to experimental conditions (SE, AOQ). The experimental phase was carried out in an electronic environment and with the available text. One day later, the students carried out a learning test with open-ended text-based questions and situation-model questions relating to the text. The results showed that the SE students were less efficient in relation to reading time ($M = 914.63$; $SD = 245.25$), $t(61.077) = -6.96$, $p < .001$, and responding time, ($M = 914.75$; $SD = 361.39$), $t(69.928) = -3.44$, $p = .001$. Learning techniques interact with the development of processing strategies, $F(1,75) = 28.841$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .278$. The SE focused the

student's attention on the text and on superficial cognitive skills, such as paraphrases ($M = 10.26$; $SD = 3.18$), $t(75) = -5.092$, $p < .001$; however, AOQ significantly encouraged the use of elaborations ($M = 6.71$; $SD = 1.72$), $t(62.447) = 4.31$, $p < .001$. These findings have important theoretical and applied implications in the field of education, since they clarify theoretical questions referring to principles of teaching-learning of complex declarative knowledge (e.g., scientific knowledge) and, also, these findings suggest effective instructional practices. Guiding learning through AOQ favours efficiency and more complex comprehension processes.

Received: 04-07-2018
Accepted: 30-11-2018

Introduction¹

In general, students in obligatory secondary education are accustomed to reading expository texts in order to respond to a given task (e.g., underlining, summarizing, self-explaining, answering questions). Text processing and learning depends on the purpose of reading, which influences students' attention, recall, and understanding (McCrudden & Schraw, 2007; McCrudden, Magliano, & Schraw, 2011; van den Broek, Lorch, Linderholm, & Gustafson, 2001; Wilson & Sperber, 2004). This approach is known as task-oriented-reading (OECD, 2009; Snow, 2002; Vidal-Abarca, Mañá, & Gil, 2010).

Tasks performed during reading can become important techniques of autonomous learning from texts. However, students are not aware of their efficacy and they have not been trained for their performance (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan, & Willingham, 2013). For this reason, the present study analyzes the efficacy of self-explanations (SE) and answering open-ended questions (AOQ) as techniques for learning complex declarative knowledge (e.g., scientific knowledge), which is characterized by its level of abstraction. Both techniques imply the performance of tasks with the available text, so that, the reading is not linear (Cerdán, Vidal-Abarca, Martínez, Gilabert, & Gil, 2009; Chi, De Leeuw, Chiu, & Lavancher, 1994).

SE is understood as an inferential and construction activity of one's own learning (Chi et al., 1994; Best, Ozuru, & McNamara, 2004; Ozuru, Briner, Best, & McNamara, 2010), that is, they are explanations of textual information generated *by* the student and *for* the student while he is reading (McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009; Rittle-Johnson, 2006). The responsibility for learning lies with the reader himself. He guides his understanding and makes the appropriate inferences until a coherent mental representation is reached (McNamara, 2004). Many studies have found that readers who make good SE build more accurate mental models; however, other studies using science expository texts have shown that it is more effective to request the use of SE (Chi et al., 1994; Rittle-Johnson & Loehr, 2016; Schworm & Renkl, 2007).

Although SE can promote high-level processing strategies, such as elaborations (integration of new information with prior knowledge), recent studies have considered that the usefulness of SE is moderate (Dunlosky et al., 2013). The understanding reached with this technique is global (McCrudden & Schraw, 2007) and is not effective for all types of materials (Rittle-Johnson & Loehr, 2016; Williams, Lombrozo, & Rehder, 2013). Likewise, students have serious difficulties in generating SE, so instead of making elaborations, they focus on superficial comprehension strategies (repetition

¹ Research supported by Project EDU2017-86650-R and financed by the Ministry of Science, Innovation and Universities.

or paraphrasing of textual information) that do not lead to significant learning (Rittle-Johnson & Loehr, 2016).

On the other hand, AOQ is a highly useful learning technique. It allows the organization and mental processing of relevant information (Hunt, 2006; McCrudden & Scraw, 2007). This technique has been shown to be more effective than re-reading or re-studying the material (McDaniel, Wildman, & Anderson, 2012). However, the effectiveness of this procedure depends on various aspects, including the type of questions (Cerdán et al., 2009; Rouet, Vidal-Abarca, Bert-Erboul, & Millogo, 2001) and the promotion of inferences among relevant information (Vidal-Abarca, Britt, & Rouet, 2015).

Regarding the type of questions, there are evidences about the influence of question characteristics on the processing and deep understanding of texts (Cerdán & Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Vidal-Abarca, Gilabert, & Rouet, 2005). Text-based (TB) questions and situation-model (SM) questions produce different processing patterns (Ozgungor & Guthrie, 2004). TB questions can be answered with superficial strategies of comprehension (Rouet et al., 2001); while the SM questions requires inferences between the relevant information of the text and even incorporating prior knowledge (Ozgungor & Guthrie, 2004). Numerous studies affirm the efficacy of high-level or SM open-ended questions on TB questions in recall, learning and deep understanding (Ozuru, Briner, Kurby, & McNamara, 2013; Vidal-Abarca et al., 2005). SM questions contributes to the realization of inferences between the new information and that already stored in long-term memory (Cerdán, et al., 2009). Consequently, SM questions facilitate the construction of a coherent and integrated mental representation of the text, even when the text has a formal and expository structure (Kintsch, 1998; Ozgungor & Guthrie, 2004).

The nature of the technique to be implemented influences learning. The questions offer an explicit reading objective to the student, either to locate relevant information in the text (TB questions) or to make the student reflect, transfer and apply textual information to other situations not explicit in the text (SM questions). Nevertheless, SE do not offer an explicit demand, so that, students attend to the structure of the text to differentiate which information in the text is relevant (Schraw, Wade, & Kardash, 1993).

Objectives and hypotheses

The main objective of this study is to analyze the efficacy of guiding the reading and learning of complex declarative knowledge (e.g., scientific knowledge) through the technique of answering open-ended questions (AOQ) versus the use of self-explanations (SE).

1. As reported by McCrudden and Schraw (2007), and McCrudden et al. (2010), we consider that the profile of processing strategies (paraphrases and elaborations) will be more balanced in AOQ than in SE (Hypothesis 1).
2. AOQ will also encourage more complex cognitive processes as opposed to self-oriented comprehension by SE (Ozuru et al., 2013), so AOQ students will present more elaborations than SE students (Hypothesis 2).
3. A greater presence of elaborations will be related to a greater learning of the scientific knowledge of the text. The elaborations strategy implies the principle of construction-integration (Kintsch, 1998), that is, the student will relate the new information with the prior knowledge stored in the long-term memory (Hypothesis 3).
4. In relation to Hypothesis 3, AOQ students will perform better in the learning test than SE students, since the elaborations will be more present in question-oriented comprehension (AOQ) than in self-oriented comprehension through SE (Hypothesis 4).
5. Finally, AOQ will be more efficient in performing the task than SE. AOQ will spend less time reading the text and responding because AOQ students will have an explicit demand (Hypothesis 5).

Methodology

Participants

The study included 91 students in the third year of obligatory secondary education from two public high schools in Valencia, although 14 students were excluded because they did not have all the tests. Thus, the final sample was 77 students (38 women and 39 men). The mean student age was 14.57 (14.58 in women and 14.56 in men), being the age range between 14 and 16 years. All participants were native Spanish speakers.

The study design was inter-subject. Participants were randomly assigned to one of the two techniques: SE ($n = 42$) and AOQ ($n = 35$). There is no difference in prior knowledge in science between SE ($M = 19.26$; $SD = 4.78$) and AOQ ($M = 19.97$; $SD = 3.33$), $t(75) = 0.74$, $p = .461$.

Materials

Prior Knowledge Test (PKT). This test evaluates general knowledge about science through 30 True / False items. An example of an item is the following: "The

particles of the gases are in constant movement". The total score is the sum of the correct answers based on a correction template. Thus, the maximum score is 30. The reliability analysis comprised these 30 items and Cronbach's alpha reported an acceptable internal consistency ($\alpha = .74$).

Text. This is about *Atmospheric Pressure*. It contains 1126 words and 20 paragraphs distributed in five sections preceded by a subtitle. Eleven of these paragraphs contain information relevant to the AOQ and SE task.

Twelve self-explanations vs. twelve open-ended questions. Both the SE and AOQ are different in procedure. While the AOQ students had to read the text first and then answer 12 open-ended questions; SE students did not do an initial reading of the text, but self-explained 12 target-sentences (in bold) while they were reading.

The twelve AOQ questions were designed according to two levels of representation: six TB questions and six SM questions. An example of TB question is the following: *'What causes atmospheric pressure?'* His answer corresponded to the idea of the first self-explaining target-sentence (fourth paragraph). On the other hand, an example of a SM question is as follows: *'If you tried to replicate Torricelli's experiment at the top of an eight thousand meters mountain, instead of at sea level where the original was made, why would more mercury come out of the tube into the bucket, going down more than 760 mm in height?'* To answer this question, the student must have understood Torricelli's experiment explained in the text. Moreover, he should relate the ideas of the tenth and eleventh paragraphs and integrate his prior knowledge.

The target-information that SE students had to self-explain corresponded to the relevant information needed to answer all the questions. To determine these phrases, a pilot study was conducted with 20 first-year college students. They had to highlight the relevant information in the text to answer the questions.

All self-explanations were preceded by the following statement: *'Explain the highlighted fragment in bold. You can use all the information in the text that you consider necessary'*. In this way, an attempt was made to encourage the student not to limit to the target-sentence and to make the appropriate inferences between textual information and prior knowledge.

This text has been widely used by the ERI-Lectura group in relation to the AOQ task. Their reliability analysis was performed with the 12 questions and Cronbach's alpha reported an acceptable internal consistency ($\alpha = .71$). Likewise, the processing strategies of all the AOQ and SE responses were categorized by inter-rater agreement. Cohen's Kappa (k) reported almost perfect agreement ($k = .88$) and substantial agreement ($k = .75$), respectively. Then, disagreements were discussed and resolved.

Software: Read&Learn (Vidal-Abarca et al., 2018). It is a software designed by ERI-Lectura (University of Valencia). It does not require the previous installation of any program. The AOQ condition is characterized by the use of two screens, one for the

text and another for the questions (see Figure 1); while in SE condition, text and SE task are on the same screen (see Figure 2).

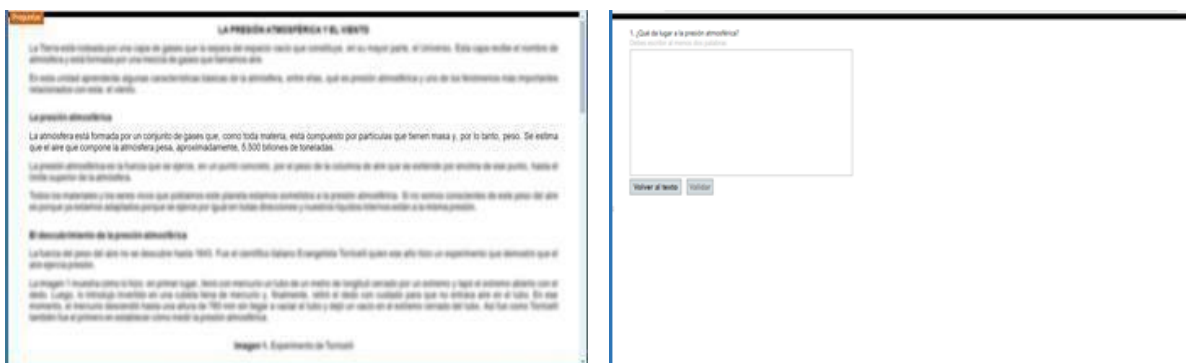


Figure 1. *Two-screen template of the AOQ technique with the text screen (left side) and question screen (right side)*

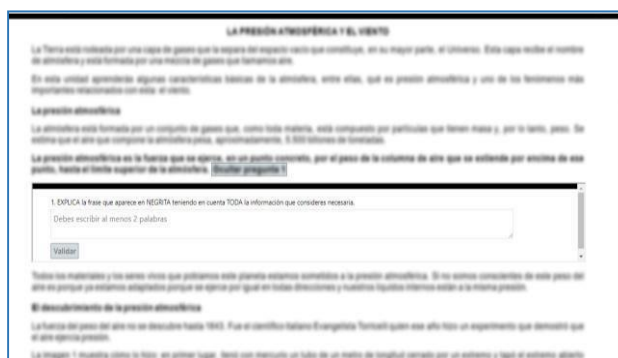


Figure 2. *One-screen template of the SE technique*

The text and the statements were masked under both conditions. To read any part of the text or statement, the student had to click on the information. Once the student clicked on a new segment of information, the previous segment was masked again. However, each segment could be re-read as many times as the student needed.

Learning post-test. This test consists of 20 short answer open-ended questions that assessed the students' learning. Their reliability analysis included these 20 questions and Cronbach's alpha showed an acceptable internal consistency ($\alpha = .73$). The questions were corrected using a range of 0 to 1 with a partial score (0.5) by inter-rater agreement. Cohen's Kappa (k) reported a substantial agreement ($k = .74$).

Procedure

This study was carried out through three collective sessions:

- Session 1: *Pre-test*. In the first session, the *Test of Prior Knowledge on Sciences* (PKT) was administered, oscillating its application between 15 - 20 minutes.
- Session 2. *Experimental Phase*. Two or three days later, the experimental task of studying the text was carried out using *Read&Learn*. For this, verbal and visual instructions were given about the task that each one had to perform, the functioning of the system and the navigation through it. This session lasted approximately 45 - 50 minutes. Both experimental conditions were characterized by the text available during the performance of the task to avoid the influence of the memory effect.
- Session 3. *Post-test*. One day after the training phase, the students answered the 20 open-ended questions. The duration of this last session was about 30 - 40 minutes.

Measures

In this study, the learning post-test score (*LearnPost*) was used as an off-line measure, differentiating between text-based questions (*TBLearnPost*) and situation-model (*SMLearnPost*). Measures relating to processing strategies during the experimental task were also analysed: total paraphrases (*nTotPar*) and total elaborations (*nTotElab*), differentiating between the number of correct paraphrases (*nPar1*) and incorrect paraphrases (*nPar0*) and the number of correct elaborations (*nElab1*) and incorrect elaborations (*nElab0*). On the other hand, as on-line measurements, we used the total time reading the text (*tRead*) and the total time responding (*tResp*).

In order to analyze the data, ANOVAs were carried out for repeated measures between independent variables and processing strategies, as well as with on-line measures. In addition, correlational analysis and mean comparison tests (*t-tests*) were carried out, using the corresponding indicators when it was not possible to assume equal variances.

Results

Profile of strategies for processing learning techniques

An ANOVA 2 (AOQ, SE) x 2 (*nTotPar*, *nTotElab*) showed significant differences in processing strategy, $F(1,75) = 32.837$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .305$, and interaction with the independent variable, $F(1,75) = 28.841$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .278$. AOQ students used both strategies in a more balanced way. They used significantly more elaborations ($t(62.447) = 4.31$, $p < .001$) and less paraphrases ($t(75) = -5.092$, $p < .001$) compared to SE students, who focused on this last superficial processing strategy (see Figure 3).

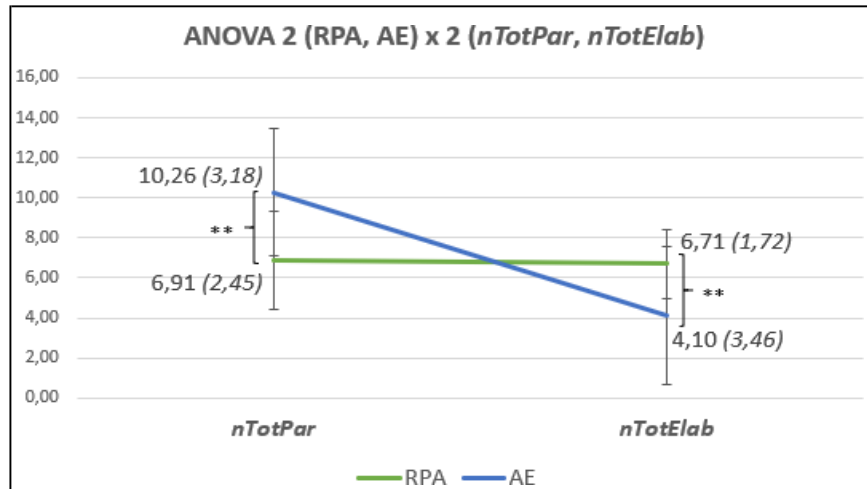


Figure 3. Means (SDs) of processing strategy by learning technique.
 $*p < .05$; $**p < .01$

The main effect of the independent variable (SE, AOQ) was significant in the accuracy of paraphrases and elaborations, $F(1,75) = 25.928, p < .001; \eta_p^2 = .257$ y $F(1,75) = 16.625, p < .001; \eta_p^2 = .181$, respectively. Moreover, the effect on the accuracy of paraphrases ($nPar1, nPar0$) was significant, $F(1,75) = 352.089, p < .001; \eta_p^2 = .824$, as well as the interaction with the independent variable in paraphrases, $F(1,75) = 8.189, p = .005; \eta_p^2 = .098$, and in elaborations ($nElab1, nElab0$), $F(1,75) = 9.018, p = .004; \eta_p^2 = .107$. SE students performed significantly more $nPar1$ y $nPar0$, $t(75) = -4.27, p < .001$ y $t(72.285) = -3.22, p = .002$; while AOQ students performed significantly more $nElab0$, $t(75) = 4.97, p < .001$ (see Table 1).

Table 1. Mean (SDs) of processing strategies by learning technique

Technique	nTotPar	nPar1	nPar0	nTotElab	nElab1	nElab0
RPA	6.91 (2.45)	6.06 (2.71)	0.86 (0.81)	6.71 (1.72)	2.66 (1.71)	4.06 (2.07)
AE	10.26 (3.18)	8.67 (2.64)	1.60 (1.19)	4.10 (3.46)	2.29 (2.11)	1.81 (1.89)

Learning acquired with each learning technique

There were no significant differences in *LearnPost* between SE and AOQ techniques, $t(75) = .52, p = .604$. There were also no differences between learning techniques in *TBLearnPost*, $t(75) = .40, p = .693$, and *SMLearnPost*, $t(75) = .56, p = .577$. However, AOQ students obtained a *LearnPost* slightly higher than SE, investing significantly less text reading time ($tRead$), $t(61.077) = -6.96, p < .001$, and response time ($tResp$), $t(69.928) = -3.44, p = .001$ (see Table 2).

Table 2. Mean (SDs) of off-line and on-line measures by learning technique

Technique	Off-line measures			On-line measures	
	<i>TotAp</i>	<i>TotApBT</i>	<i>TotApMS</i>	<i>tLect</i>	<i>tResp</i>
RPA	6.00 (2.76)	3.46 (1.89)	2.54 (1.34)	440.84 (334.81)	681.95 (225.93)
AE	5.66 (3.01)	3.29 (1.89)	2.37 (1.37)	914.63 (245.25)	914.75 (361.39)

Relation between processing and learning strategies

These processing strategies presented different correlations with learning (*LearnPost*). *nTotPar* correlated positively and significantly with performance in the learning task (*LearnPost*) and with text-based questions (*TBLearnPost*) in AOQ technique, but not in SE technique (see Table 3). *nPar1* correlated only in AOQ with *LearnPost* ($r = .47, p = .004$) and with *TBLearnPost* ($r = .56, p < .001$). In SE technique, the paraphrase strategy (*nTotPar*, *nPar1* y *nPar0*) did not correlate significantly with any learning measures. On the other hand, *nTotElab* only showed positive correlations in SE, especially in *SMLearnPost* ($r = .40, p = .009$). Correlations were positive and significant between *nElab1* and learning measures (*LearnPost*, *TBLearnPost*, *SMLearnPost*) in SE and AOQ, except *SMLearnPost* in AOQ ($r = .25, p = .148$). It was also observed that *nElab0* correlated negatively and significantly with *LearnPost* ($r = -.38, p = .024$) and with *TBLearnPost* ($r = -.53, p = .001$) in AOQ technique.

Table 3. Correlations of processing strategies by learning technique

		TotAp	TotApBT	TotApMS
nTotPar	RPA	.478**	.605**	.131
	AE	.140	.159	.087
nPar1	RPA	.472**	.564**	.177
	AE	.143	.132	.133
nPar0	RPA	-.132	-.052	-.197
	AE	.055	.134	-.063
nTotElab	RPA	-.043	-.203	.196
	AE	.316*	.214	.400**
nElab1	RPA	.417*	.432**	.250

	AE	.526**	.431**	.563**
nElab0	RPA	-.381*	-.526**	-.043
	AE	-.010	-.090	.103

Discussion and conclusions

There are learning techniques that influence processing strategies and thus the formation of the mental representation of the text (Lehman & Schraw, 2002; McCrudden, Schraw, & Kambe, 2005; van den Broek et al., 2001). In this study, the processing and effectiveness of self-explanations (SE) and answering open-ended questions (AOQ) with the available text have been analyzed. Our specific interest is to compare the processing induced by both techniques, as well as their efficacy for learning.

This study assumed that the technique of AOQ and SE favoured different patterns of text processing. Thus, SE students would focus on textual information (Rittle-Johnson & Loehr, 2016), while AOQ students would use textual information and information beyond the text (e.g., prior knowledge). The results confirmed this hypothesis. SE students used significantly more paraphrases (*nTotPar*) than AOQ students. In contrast, AOQ students showed a more balanced profile between the use of paraphrases (*nTotPar*) and elaborations (*nTotElab*). This indicates that the SE technique focuses students' attention on memorizing textual information, while the AOQ technique encourages students to use superficial and deep comprehension strategies.

The better balance in processing between textual (i.e., paraphrase) and extra-textual (i.e., elaborations) comprehension strategies that characterizes AOQ students may be due to different types of questions (Cerdán et al., 2009; Oztungor y Guthrie, 2004). AOQ students answered questions based on textual information (TB questions) but also, they answered questions based on hypothetical situations that required an application of the knowledge learned (SM questions). Therefore, it was also hypothesized that AOQ students would present more elaborations (*nTotElab*) than SE students. The results confirmed this hypothesis. Thus, AOQ technique activates processes of transfer or application of prior knowledge and SE technique do not make it easier for the student to go beyond the text.

On the other hand, contrary to existing literature (Cerdán et al., 2009; Oztungor & Guthrie, 2004) and the hypothesis suggested, the greater number of elaborations (*nTotElab*) presented by AOQ students was not related to greater learning of the text (*LearnPost*). In AOQ condition, the results reported that superficial comprehension strategies (*nTotPar* and *nPar1*) were significantly related to the TB questions

(*TBLearnPost*); however, deep comprehension strategies (*nTotElab*, *nElab0*, *nElab1*) did not correlate with the SM questions (*SMLearnPost*) or with global learning (*LearnPost*). Significant and positive correlations between *nTotElab* and learning measures were manifested in SE condition. This could be explained by the significant presence of more processing errors (*nElab0*) in AOQ students than in SE students.

The hypothesis that AOQ students would obtain significantly greater learning (*LearnPost*) was also not confirmed. The greater presence of deep processing strategies (*nTotElab*) in AOQ did not contribute as expected by the presence of these errors (*nElab0*). Although the two techniques were not significantly different in learning, AOQ students performed slightly better with less time reading the text (*tRead*) and responding (*tResp*) in the experimental phase. This indicates that question-guided processing (AOQ) is more efficient than the processing guided by the explanations a student makes with his own words and for himself (SE).

Although this study demonstrated that both learning techniques (AOQ, SE) induce different processes of text comprehension, it could not be demonstrated that the processing of one of the techniques contributes to better learning. Another limitation is that the results and conclusions of this study cannot be generalized because of the small sample size and the soil effect of the learning test. The students of both techniques obtained a low performance. Possibly this is due to the difficulty of the content of the text or because of the difficulty of applying the knowledge learned to the hypothetical situations (SM questions) of the learning test. Another reason for poor performance may be related to the nature of the task. On the one hand, AOQ students make more elaborations from their prior knowledge and this may present errors that are distorting the formation of a congruent mental representation of the text; and, on the other hand, SE students have difficulty self-guiding their understanding and explaining abstract information in their own words (Rittle-Johnson & Loehr, 2016).

For future research we recommend the use of materials of different levels of abstraction and even *feedback* rules to reduce the effect of prior knowledge errors. To eliminate a possible interference effect of complexity or lack of knowledge of the technique in learning, it would also be convenient to use some training sessions in the use of self-explanations (SE) and answering open-ended questions (AOQ).

In conclusion, this research on learning techniques from texts has important theoretical and educational implications. To teach complex declarative knowledge (e.g., scientific knowledge) students' understanding should be guided through questions (AOQ). Questions promote deeper processing of the text and SE technique focus the student's attention only on the text. There is evidence that answering open-ended (AOQ) is a common learning technique in classrooms (Ness, 2011; Sanchez & Garcia, 2015); however, it is necessary to emphasize the correction of conceptual errors and the use of

SM questions for the construction-integration of knowledge and the congruence of the final mental representation of the text.

References

- Best, R. M., Ozuru, Y. y McNamara, D. S. (2004). *Self-explaining science texts: strategies, knowledge and reading skill*. International Conference for the Learning Sciences, California, LA.
- Cerdán, R. y Vidal-Abarca, E. (2008). The effects of tasks on integrating information from multiple documents. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 209-222.
- Cerdán, R., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gilabert, R. y Gil, L. (2009). Impact of question-answering tasks on search processes and reading comprehension. *Learning and Instruction*, 19(1), 13-27.
- Chi, M. T., Leeuw, N., Chiu, M. H. y LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive science*, 18(3), 439-477.
- Dunlosky, J., Rawson, K.A., Marsh, E. J., Nathan, M. J. y Willingham, D.T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58.
- Hunt, R. R. (2006). The concept of distinctiveness in memory research. En R. R. Hunt y J. B. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 3–25). New York, NY: Oxford University Press.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lehman, S. y Schraw, G. (2002). Effects of coherence and relevance on shallow and deep text processing. *Journal of Educational Psychology* 94(4), 738–750.
- McCrudden, M. T. y Schraw, G. (2007). Relevance and goal-focusing in text processing. *Educational Psychology Review*, 19(2), 113–139.
- McCrudden, M. T., Magliano, J. y Schraw, G. (2010). Exploring how relevance instructions affect personal reading intentions, reading goals, and text processing: A mixed methods study. *Contemporary Educational Psychology*, 35(4), 229-241.

- McCrudden, M. T., Schraw, G. y Kambe, G. (2005). The effect of relevance instructions on reading time and learning. *Journal of Educational Psychology*, 97(1), 88–102.
- McDaniel, M.A., Wildman K.M. y Anderson, J.L. (2012). Using quizzes to enhance summative-assessment performance in a Web-based class: An experimental study. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(1), 18-26.
- McNamara, D. S. (2004). SERT: Self-Explanation Reading Training. *Discourse Processes*, 38(1), 1-30.
- McNamara, D. S. y Magliano, J. (2009). Chapter 9 Toward a Comprehensive Model of Comprehension. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 51, 297-384.
- Ness, M. (2011). Explicit reading comprehension instruction in elementary classrooms: Teacher use of reading comprehension strategies. *Journal of Research in Childhood Education*, 25(1), 98–117.
- OECD (2009). *PISA 2009: Assessment Framework Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Paris, France: OECD Publishing.
- Ozgungor, S. y Guthrie, J. T. (2004). Interactions among elaborative interrogation, knowledge, and interest in the process of constructing knowledge from text. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 437–443.
- Ozuru, Y., Briner, S., Best, R. y McNamara, D.S. (2010). Contributions of Self-Explanation to Comprehension of High- and Low-Cohesion Texts. *Discourse Processes*, 47(8), 641-667.
- Ozuru, Y., Briner, S., Kurby, C. A. y McNamara, D. S. (2013). Comparing comprehension measured by multiple-choice and open-ended questions. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 67(3), 215.
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: Effects of self-explanation and direct instruction. *Child development*, 77(1), 1-15.
- Rittle-Johnson, B. y Loehr, A. M. (2016). Eliciting explanations: Constraints on when self-explanation aids learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(5), 1501-1510.
- Rouet, J-F., Vidal-Abarca, E., Bert-Erboul, A. y Millogo, V. (2001). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Process*, 31(2), 163-186.

- Sánchez, E. y García, J.R. (2015). Understanding Teachers as Learners in Reading Comprehension Mentoring. En H. Tillema, G. J. van der Westhuizen y K. Smith (Eds), *Mentoring for Learning* (pp. 227–255). Rotterdam, The Netherlands: SensePublishers,
- Schraw, G., Wade, S. E. y Kardash, C. A. (1993). Interactive effects of text-based and task-based importance on learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 652–661.
- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension*. Santa Monica, CA: RAND.
- Van den Broek, P., Lorch, R.F., Linderholm, T. y Gustafson, M. (2001). The effects of readers' goals on inference generation and memory for texts. *Memory & Cognition*, 29(8), 1081-1087.
- Vidal-Abarca, E. Britt, M.A. y Rouet, J-F. (2015). *Reading comprehension in context: The role of task models and decision-making in task-oriented reading*. Manuscript submitted for publication.
- Vidal-Abarca, E., Gilabert, R. y Rouet, J-F. (2005). El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias. *Tarbiya, revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 129-147.
- Vidal-Abarca, E., Mañá, A. y Gil, L. (2010). Individual differences for self-regulating task-oriented reading activities. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 817-826.
- Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Serrano, M. A., Gil, L., Mañá, A., Máñez, I., García, A., Gilabert, R., Cerdán, R., Rubio, A., Candel, C., Ferrer, A., Ávila, V., Grimaldo F. y García, D. (2018, julio). *Read&Learn: A Research Tool to Record Online Processing While Learning*. Póster presentado en 28th Annual Meeting of the Society for Text & Discourse, Brighton, United Kingdom.
- Williams, J. J., Lombrozo, T. y Rehder, B. (2013). The hazards of explanation: Overgeneralization in the face of exceptions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1006.
- Wilson, D. y Sperber, D. (2004). Relevance theory. En L. Horn y G. Ward (Eds.), *The Handbook of Pragmatics* (pp. 607-632). Oxford, England: Blackwell Publishing.