



VNIVERSITATIS VALÈNCIA

Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación

**Autoexplicar versus responder preguntas: diferencias en el
procesamiento y eficacia para el aprendizaje de
conocimiento declarativo complejo**

Self-explanation versus question-answering: Differences in
processing and effectiveness for learning complex conceptual
knowledge

TESIS DOCTORAL CON MENCIÓN INTERNACIONAL PRESENTADA POR:
ALBA RUBIO PEÑARRUBIA

DIRECTORES:

EDUARDO VIDAL-ABARCA GÁMEZ

TOMÁS MARTÍNEZ GIMÉNEZ

Programa de Doctorado en Lectura y Comprensión

Valencia, septiembre de 2020

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han formado parte de esta etapa de mi vida.

Mis primeras palabras de agradecimiento, sin duda, van dirigidas a Eduardo y Tomás, mis directores, por guiarme y acompañarme a lo largo de estos años, por vuestros consejos y oportunidades de aprendizaje y, también, por vuestro apoyo en los momentos de incertidumbre que parecen ser inherentes a esta etapa de formación. A Eduardo por enseñarme qué supone investigar, por hacer que piense más allá de lo impensable, por enseñarme a mí misma que soy capaz de aprender aquello que creía inalcanzable. A Tomás, por las largas reflexiones sobre los estudios y su guía en las interpretaciones de los análisis. Gracias por confiar y creer en mí.

Gracias también a todos los miembros del grupo Psicotext y ERI-Lectura. Todos y cada uno de vosotros habéis contribuido a mi formación. Gracias a Marian, por ser mi pilar desde el inicio hasta la meta en esta larga andadura. Gracias a Antonio, por tu apoyo siempre que lo he necesitado. Gracias a Javier y Cristina, por vuestros consejos en metodología. Gracias a Raquel, Amelia, Vicen, Laura, Inma, Lalo y Gemma, por vuestras aportaciones en las presentaciones y vuestros ánimos. Gracias a Dani por diseñar el actual Read&Learn y por trabajar hasta altas horas de la noche para que todo funcionase tal y como esperaba. Y, sobre todo, gracias a todos y cada uno de los contratados predoctorales, tanto a los que estaban cuando yo empecé (Nacho, Pablo, Carmen, Arantxa, Alicia y Nadina), como aquellos que han iniciado esta aventura (Marina y Noemi). Gracias por haber compartido conmigo alegrías, lágrimas, consejos y sorpresas.

Mi agradecimiento también va dirigido a Dra. Danielle S. McNamara (Arizona State University, USA) y al Dr. Jean-François Rouet (Université de Poitiers, France). Gracias por

acogerme en vuestros centros de estancia, por vuestras recomendaciones y por el periodo de formación junto a vuestros respectivos grupos de investigación.

Igualmente, me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a Adela Descals, Esperanza Rocabert y Amparo Gómez, por ser en gran parte responsables de que haya elegido este camino. Gracias por confiar en mí.

Gracias también a los centros, padres y profesores que permitieron la participación de sus estudiantes en los estudios de la presente tesis. Gracias por confiar en las implicaciones educativas de estos estudios, por vuestro compromiso y por querer ayudar a vuestros alumnos en el proceso de aprendizaje.

Gracias a mis amigas por su confianza y su comprensión. Muchas veces he estado ausente, pero vosotras siempre habéis tenido palabras de aliento para mí. Gracias por los momentos de desconexión y por vuestros “tú puedes” o “estamos orgullosas de ti”. Gracias.

Por último, agradecer a mi familia todo lo que ha aguantado y ha hecho *por y para* mí. A mis padres, a mi todo. No existen palabras que puedan expresar todo lo que tengo que agradecer. Gracias por creer en mí más que yo misma, por querer lo mejor para mí y mis hermanos, por levantarme tras cada caída, por aguantar mis días malos, por acompañarme siempre... GRACIAS POR TODO. Gracias a mi abuela, a mi hermano Jorge, a mi hermano David, y también a Sara, por su ayuda en cada momento. Gracias a mi sobrina Marta, mi ilusión de 2020, que antes de nacer ya me estabas dando fuerza. Gracias a la familia política por vuestro cariño y por comprender que en mis visitas el ordenador siempre estuviera presente. Gracias a Jorge, por tu paciencia y comprensión en los momentos difíciles de esta etapa.

Gracias a todos por hacerme sentir tan afortunada.

Índice

INTRODUCTION	i
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	1
1. LEER TEXTOS EXPOSITIVOS PARA APRENDER.....	3
2. APROXIMACIONES TEÓRICAS PARA APRENDER A PARTIR DEL TEXTO	7
2.1. Modelos de comprensión lectora	9
2.2. Modelos de lectura orientada a tareas	14
3. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.....	21
3.1. Autoexplicación	22
3.1.1. Marco teórico para la actividad de autoexplicar frases del texto.....	24
3.1.2. Procesamiento inducido por la autoexplicación.....	26
3.1.3. Eficacia de la autoexplicación para el aprendizaje	33
3.2. Responder preguntas	36
3.2.1. Marco teórico para la actividad de responder preguntas.....	37
3.2.2. Procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas	41
3.2.3. Eficacia de responder preguntas para el aprendizaje	50
3.2.3.1. Efectos del timing en el aprendizaje promovido por la actividad.....	53
4. EL PAPEL DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE PARA AYUDAR A LOS ESTUDIANTES A APRENDER CONOCIMIENTO DECLARATIVO COMPLEJO.....	57
4.1. Objetivos generales	59
4.2. Objetivos específicos	59

CHAPTER 2. STUDIES 1 AND 2: QUESTION-ANSWERING VERSUS SELF-EXPLANATION: EXAMINING THE STUDENTS' PROCESSING AND THEIR EFFECTIVENESS FOR LEARNING COMPLEX CONCEPTUAL KNOWLEDGE	63
ABSTRACT.....	65
1. INTRODUCTION	66
1.1. Processing induced by question-answering activity	68
1.2. Processing induced by self-explanation activity	71
1.3. Role of prior knowledge on reading strategies while QA and SE	74
1.4. The current study.....	75
2. EXPERIMENT 1	76
2.1. Method	77
2.1.1. Participants.....	77
2.1.2. Materials.....	78
2.1.3. Apparatus	80
2.1.4. Procedure	81
2.1.5. Measures	82
2.1.6. Data analyses.....	85
2.2. Results and discussion	85
2.2.1. Differences in reading strategies by learning activity.....	85
2.2.2. Differences in students' responses and task behavior by learning activity	87
2.2.3. Variability of ideas in students' responses by learning activity.....	88
2.2.4. Differences in effectiveness for final learning by learning activity.....	89

3. EXPERIMENT 2	94
3.1. Method	96
3.1.1. Participants.....	96
3.1.2. Materials.....	97
3.1.3. Apparatus	98
3.1.4. Procedure	98
3.1.5. Measures	98
3.1.6. Data analyses.....	99
3.2. Results and discussion	100
3.2.1. Differences in reading strategies by learning activity.....	100
3.2.2. Differences in students' responses and task behavior by learning activity.....	102
3.2.3. Differences in effectiveness for final learning by learning activity.....	103
3.2.4. Effect of type of question or target sentence on reading strategies	106
3.2.5. Effect of prior knowledge on inferential strategies.....	109
4. GENERAL DISCUSSION	113
References.....	120
CHAPTER 3. STUDY 3: EFFECT OF INSERTED QUESTIONS ON PROCESSING AND EFFECTIVENESS FOR LEARNING COMPLEX CONCEPTUAL KNOWLEDGE: A COMPARISON WITH QUESTION-ANSWERING AND SELF-EXPLANATIONS.....	129
ABSTRACT.....	131
1. INTRODUCTION	132
1.1. Self-explanation activity to improve conceptual learning	133

1.2. Question-answering to improve conceptual learning.....	136
1.3. Contribution of inserting questions for learning	139
1.4. The current study.....	141
2. METHOD	143
2.1. Participants.....	143
2.2. Materials.....	143
2.3. Apparatus	145
2.4. Procedure.....	147
2.5. Measures	148
2.6. Data analyses.....	150
3. RESULTS	152
3.1. Effect of learning activities on students’ reading strategies.....	152
3.2. Impact of type of question or target sentence on reading strategies	153
3.3. Moderation effect of students’ prior knowledge on elaborations	157
3.4. Differences in students’ responses and task behavior by learning activity.....	163
3.5. Effectiveness of IQ over QA and SE for final learning	165
4. DISCUSSION.....	169
References.....	177
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES GENERALES.....	185
FINAL REFERENCES	211
ANEXOS	241

INTRODUCTION

Nowadays, research has a special interest in learning from texts because reading is the main means of acquiring new knowledge. Reading to learn is more demanding than reading for entertainment (Goldman & George, 2019; McCrudden & Schraw, 2007; Oudega & van den Broek, 2019; van den Broek, Lorch, Linderholm, & Gustafson, 2001). Learning entails constructing a coherent network of meanings (i.e., concepts, ideas), integrating the new information into prior knowledge, modifying meanings previously stored in the long-term memory, and using the textual information in new situations (Vidal-Abarca, 2010). Therefore, learning from the text does not mean memorizing text information. It involves a set of comprehension processes, among which the generation of elaborations (i.e., connections between text information and prior knowledge) is one of the most important processes (e.g., Bransford & McCarrell, 1974; Chi, De Leeuw, Chiu, & Lavancher, 1994; Graesser et al., 2005; Kintsch, 1998; McNamara, 2004b; Oakhill & Cain, 2012, 2018).

In the educational context, learning situations are characterized by the use of expository texts (Best, Rowe, Ozuru, & McNamara, 2005), for example, science texts. However, students report difficulties in understanding and learning from them (e.g., Hirsch, 2003; Kendeou & van

den Broek, 2007; McNamara, 2004a, 2004b, 2017). Learning from a science text is a highly demanding reading situation because of the complex structure of the text, the unfamiliar vocabulary, and the deficit of students' prior knowledge in science (Best, Floyd, & McNamara, 2008; Best et al., 2005; McNamara, Graesser, & Louwerse, 2012; Rouet & Vidal-Abarca, 2002). To help students learn from this type of text, it is necessary to propose learning activities that promote the integration of the new knowledge with the previous mental representation stored in the memory (McDaniel & Einstein, 1989).

Teachers are concerned with knowing which activity is most effective in helping students learn complex conceptual knowledge from texts. The reason for the effectiveness of learning activities is to be found in the processing induced by them. The usual learning activity in the classrooms is to answer questions (Ness, 2011; Sánchez & García, 2015; Sánchez, García, & Rosales, 2010), which can be posed during the reading (i.e., inserted questions) or after reading the text. Although research acknowledges the effectiveness of answering questions for learning from expository texts (e.g., Cerdán & Vidal-Abarca, 2008; Cerdán, Vidal-Abarca, Martínez, Gilabert, & Gil, 2009; Rothkopf, 1982; Rouet, Vidal-Abarca, Bert-Erboul, & Millogo, 2001), there are no studies that compare their processing and effectiveness with other learning activities based on different theoretical approaches, for example, self-explaining text sentences. The current thesis will attempt to fill this gap by analyzing the differences in processing between the activity of answering questions from an available text and the activity of self-explaining text sentences while reading the text, as well as the impact of these differences on the effectiveness of each activity for learning complex conceptual knowledge.

Chapter 1 presents a brief theoretical framework. Firstly, we address the issue of learning from reading expository texts (e.g., science texts) and the difficulties students face in learning from

them. In this section, we focus especially on the challenge of generating elaborations and the need to help students in the processes of comprehension and learning from expository texts. Subsequently, we explain two theoretical approaches to learn from reading situations. Firstly, we present the models of reading comprehension, although we focus on the *Construction-Integration model* (Kintsch, 1988, 1998) because it is the most appropriate for expository texts (McNamara & Magliano, 2009b), and it is also the most used to explain the self-explanation processing (e.g., McNamara, 2004a, 2004b, 2017; McNamara, Levinstein, & Boonthum, 2004; Ozuru, Briner, Best, & McNamara, 2010). Secondly, we explain some of the task-oriented reading models, such as the goal-focusing model (McCrudden & Schraw, 2007), the TRACE model (Rouet, 2006), and the RESOLV model (Rouet, Britt, & Durik, 2017). These are the most used to explain the processing induced by the activity of answering questions with the text available (e.g., Cerdán et al., 2009; Gil, Martínez, & Vidal-Abarca, 2015; Llorens & Cerdán, 2012; Vidal-Abarca, Mañá, & Gil, 2010). The third point refers to the learning activities, which are the core of this research project: self-explaining text sentences (i.e., target sentences) and answering questions from an available text. The sections of both activities are parallel to each other. The first section is a brief explanation of the theoretical framework for the self-explanation activity (i.e., *Construction-Integration model*) and the question-answering activity (i.e., *Question-Answering for Learning* model of Vidal-Abarca, Martínez, Gil, García, & Máñez, 2019). We assume that the self-explanation is a learning activity more inspired by comprehension models because it aims to facilitate the construction of a coherent mental representation of the text (e.g., Chi, 2000; Chi et al., 1994; Fonseca & Chi, 2011). However, the question-answering activity with the text available is more inspired by task-oriented reading models because it emphasizes the use of text information to help students to learn the information relevant to answer the questions (e.g., McCrudden & Schraw, 2007; Gil, Martínez, et

al., 2015; Vidal-Abarca et al., 2010, 2019). The second section refers to the processing induced by each learning activity, taking into account the student's cognitive processes (i.e., paraphrases and elaborations), the effect of the type of question or the target sentence on them, the student's behavior for carrying out the task, and the influence of the student's prior knowledge in the generation of elaborations. As main novelties, we compare these two learning activities inspired by different theoretical frameworks, analyze the main cognitive processes or reading strategies used by students (i.e., paraphrases, elaborations), report the distribution of time in each learning activity, and besides, we propose a taxonomy of sentences to be self-explained (i.e., target sentences). The last section deals with the effectiveness of the self-explanation and question-answering activities for learning complex conceptual knowledge attending to the nature of each learning activity. Furthermore, for the question-answering activity, we describe the influence of the *timing* and the possible differences between answering questions inserted in the text or after reading it.

Chapters 2 and 3 present three studies to understand the processing of question-answering and self-explaining activities, as well as their contribution to the student's learning. Each chapter is related to the results of the previous one. Both chapters are presented in an article format (e.g., Introduction, Method, Results, Discussion and References).

Chapter 2 included Experiments 1 and 2. Experiment 1 is an exploratory pilot study, whereas Experiment 2 was designed to validate and to expand the findings of Experiment 1 by overcoming the main limitations. Two main goals were analyzed in both experiments. The first goal was to examine the processing differences between the activity of self-explanation text sentences while reading and question-answering after reading the text. The second goal was to examine the relative effectiveness of these two learning activities for learning complex conceptual

knowledge from the text. Moreover, Experiments 1 and 2 stated specific objectives. For Experiment 1, the specific goal was to analyze the variability of textual and inferential ideas in the students' responses depending on the learning activity to assert whether question-answering is an activity closely-defined by the nature of the questions, while the self-explanation is a loosely-defined learning activity. For Experiment 2, we analyzed the effect of the type of question (i.e., low-level, high-level) and the type of target sentence to be self-explained (i.e., local, global) on students' cognitive processes (i.e., paraphrases, elaborations), in addition to the influence of the students' prior knowledge in the generation of elaborations depending on the learning activity. To this end, we assessed the level of prior knowledge in science of secondary school students. The data from this assessment were used to distribute the participants among the experimental conditions and to ensure a similar level of prior knowledge among them. Then, the students carried out the study phase based on a science text (Experiment 1) and two science texts (Experiment 2). The students who answered questions first read the whole text, and then, answered the open-ended questions with the text available, while students who self-explained text sentences had to self-explain the sentences inserted into the text in bold type as they read. The text was available in both conditions. After 24 hours (Experiment 1) and 48 hours (Experiment 2), the students answered a set of short-answer questions related to the content studied from the questions and target sentences in the study phase. The main findings suggested that both learning activities are equally effective for learning complex conceptual knowledge, although the processing of the activity of question-answering after reading and self-explaining text sentences are notably different. While the questions posed by the teacher guide the student's cognitive processes and behavior on the task, self-explanation is an activity less defined by the teacher instructions and more focused on processing the text according to the student's mental model and her prior knowledge in science.

Both experiments shed light on how the nature of question-answering after an initial reading and self-explanation activities affect the student's processing and learning complex conceptual knowledge from the text.

Chapter 3 refers to the third study of this thesis. According to the results and limitations of the two previous experiments, we designed the following study. The most important change was the introduction of the inserted questions as an experimental condition. To reduce the information differences between conditions, we entered the situational information from the high-level questions, which was not explicit in the text (e.g., "*If Torricelli's experiment were replicated at the top of Everest...*"), into the global target sentences. Another change is the sample, i.e., from secondary school students to freshmen. The main goals of this study were to examine the effects of inserting questions in the text on the students' cognitive processes (i.e., paraphrases, elaborations) and the final learning in comparison to QA and SE. As secondary goals, we propose to analyze the impact of inserting the questions on the reading strategies induced by the type of question, as well as to explore the influence of inserting questions on the accuracy and the generation of elaborations depending on the level of the students' prior knowledge and the type of question. These objectives stressed the effect of inserting questions in the text, but all of them were analyzed in comparison with the condition of question-answering after reading the text and the condition of self-explanation. In this way, we also had the opportunity to validate results from previous studies with college students. The procedure was similar to Experiments 1 and 2. After measuring students' prior knowledge, freshmen were assigned to one of the three experimental conditions. Then, the students read the two science texts and performed the experimental activity assigned. The students who answered inserted questions performed the task while reading the text, as well as the students who self-explained text sentences; however, the students from question-

answering after reading first read the whole text and then answered the questions. The text was available in the three conditions. The main findings showed that the condition of inserted questions was the most effective activity for learning because it facilitates the cognitive processes and the rereading of the text compared to the activities of question-answering after reading the text and self-explanations. Results showed that the students who answered inserted questions performed more correct elaborations than the other two learning activities and generated fewer incorrect elaborations than the question-answering condition. For the condition of inserted questions, the high-level questions induced students to make fewer errors in their elaborations compared to students who answered questions after reading the text. This effect was particularly important for low-knowledge students. In addition, students who answered inserted questions were more efficient in accessing and selecting relevant text information. The high number of correct elaborations and the short time rereading non-relevant information explained the higher effectiveness of the inserted questions for learning complex conceptual knowledge compared to the conditions of question-answering after reading the text and self-explaining text sentences.

Finally, Chapter 4 presents the general conclusions based on the results obtained in the three previous experimental studies. This chapter also includes some general limitations and future research suggestions. We conclude the thesis with the educational implications derived from this research on the effectiveness and processing induced by the learning activities of self-explaining text sentences and question-answering from an available text to learn complex conceptual knowledge from expository texts.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

Capítulo 1

Marco teórico

1. LEER TEXTOS EXPOSITIVOS PARA APRENDER

La lectura es una actividad presente en el día a día de nuestra sociedad para aprender, para comunicarse o para entretenerse. No obstante, el lector no lee de la misma forma un texto cuando tiene el propósito de entretenerse que cuando tiene el propósito de aprender (Goldman y George, 2019; McCrudden y Schraw, 2007; Oudega y van den Broek, 2019; van den Broek, Lorch et al., 2001). Para aprender a partir de un texto, el lector primero debe comprenderlo, lo cual implica llevar a cabo una serie de procesos cognitivos para construir una representación mental coherente del contenido del texto (e.g., Bransford y Johnson, 1972; Johnson-Laird, 1983; Kintsch, 1988). Esta representación mental consiste en una red de nodos (i.e., significados) conectados semánticamente mediante inferencias (e.g., Kintsch, 1998; Kintsch y van Dijk, 1978; Oakhill y Cain, 2012; van den Broek, 1994), las cuales pueden establecer conexiones entre ideas del texto o integrar la nueva información con el conocimiento previo del lector (i.e., elaboraciones). Aprender a partir de un texto también implica modificar los significados que conforman la representación mental previa, utilizar la información de esta representación mental y ser capaz de transferir este conocimiento a otras situaciones (Vidal-Abarca, 2010).

En el contexto escolar, independientemente del nivel educativo (Educación Primaria, Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional, Universidad), los estudiantes aprenden a partir de textos expositivos (Best et al., 2005). Narvaez, van den Broek y Barron (1999) demostraron que los textos expositivos inducen al estudiante el propósito de aprender, el cual influye en los procesos cognitivos y en las estrategias de lectura generadas por el lector. van den Broek, Lorch, et al. (2001) demostraron que los lectores que tienen el propósito de aprender a partir de textos expositivos utilizan más inferencias y paráfrasis de la información textual en comparación con los lectores que leen por entretenimiento. La generación de inferencias es uno de los procesos más importantes para la comprensión y el aprendizaje a partir del texto (Bransford y McCarrell, 1974; Chi et al., 1994; Graesser et al., 2005; Kintsch, 1998; McNamara, 2004b; Oakhill y Cain, 2012, 2018); sin embargo, también es uno de los puntos débiles de los estudiantes, bien sea por un conocimiento bajo en estrategias de lectura (McNamara, 2004a, 2004b, 2017) o porque no tienen suficiente conocimiento previo de dominio (i.e., temática) para realizar inferencias correctas que contribuyan a la comprensión (Hirsch, 2003; Kendeou y van den Broek, 2007; McNamara, 2017; Rouet y Vidal-Abarca, 2002). Estas dificultades se incrementan cuando la temática de los textos expositivos es compleja y abstracta (Graesser, León y Otero, 2002), por ejemplo, los textos de ciencias.

Los textos de ciencias plantean exigencias específicas que dificultan su comprensión en comparación con otro tipo de textos (e.g., narrativos). Estas exigencias vienen determinadas por la poca familiaridad de las palabras, la complejidad de la estructura y del tipo de frases y, también, por el déficit de conocimiento previo del tema del texto (Best et al., 2008, 2005; McNamara et al., 2012; Rouet y Vidal-Abarca, 2002). Cuando el estudiante lee un texto expositivo tiende a procesar el texto frase a frase, lo cual dificulta destinar recursos cognitivos a operaciones inferenciales (Coté

y Goldman, 1999; Coté, Goldman y Saul, 1998). Por lo tanto, lejos de conseguir una comprensión profunda del texto, los estudiantes suelen alcanzar una representación base-del-texto porque acostumbran a escanear la información del texto en lugar de utilizar este conocimiento, transferirlo a otras situaciones y construir una representación mental coherente e integrada con el conocimiento previo (Berland y Hammer, 2012; Coté et al., 1998; Norris y Phillips, 2003). Además de las dificultades mencionadas, es necesario tener en cuenta la complejidad del conocimiento declarativo científico. Los textos de ciencias (e.g., Física) suelen incluir hechos (e.g., *“La presión del aire a nivel de mar equivale a la presión que ejerce una columna de mercurio de 760mmHg de altura, valor que equivale a 1atm”*), conceptos (e.g., masa, peso, densidad), definiciones (e.g., *“La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera”*), y teorías que aluden a relaciones causales entre las ideas (e.g., cómo y por qué se origina el viento). Los estudiantes necesitan evidencias o demostraciones de las principales características, de las causas y de las consecuencias de los fenómenos científicos para comprenderlos (Goldman et al., 2016); sin embargo, el procedimiento habitual para enseñar ciencias es a través de los libros de texto y múltiples lecturas de textos expositivos a las cuales los estudiantes deben dar sentido (Alozie, Moje y Krajcik, 2009; Chiappetta y Fillman, 2007; Goldman et al., 2016; Myers, 1992; Weiss, Pasley, Smith, Banilower y Heck, 2003).

Aprender a partir de un texto expositivo de ciencias es un proceso altamente complejo y demandante por la necesidad de relacionar la nueva información con el aprendizaje previo (Best et al., 2008; McNamara, 2004b; Rouet y Vidal-Abarca, 2002). Tener un buen nivel de conocimiento previo es uno de los factores intrapersonales más importantes para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo a partir de textos de ciencias (e.g., Bohn-Gettler y Kendeou,

2014; Cromley, Snyder-Hogan y Luciw-Dubas, 2010). Si el lector dispone del conocimiento previo necesario sobre el tema del texto tendrá una base sobre la cual construir una representación mental coherente (e.g., Chiesi, Spilich y Voss, 1979; Ericsson y Kintsch, 1995; Kintsch, 1988; MacDonald y Christiansen, 2002; McNamara y Scott, 2001; Shapiro, 2004; Snow, Burns y Griffin, 1998). Por lo tanto, a mayor conocimiento previo es más probable que el estudiante genere más elaboraciones (e.g., Kintsch, 1988, 1998; Pressley et al., 1992; Willoughby, Waller, Wood y MacKinnon, 1993). Sin embargo, si el estudiante dispone de un bajo nivel de conocimiento previo, este podría tener problemas para generar elaboraciones como consecuencia de las dificultades para manejar simultáneamente múltiples ideas en la memoria de trabajo, la cual tiene una capacidad limitada (McNamara, 2001; McNamara y Kintsch, 1996; McNamara, Kintsch, Songer y Kintsch, 1996). Igualmente, cabe señalar que tener un alto conocimiento previo no siempre conlleva su uso vía elaboraciones (O'Reilly y McNamara, 2007). La mayor parte de las dificultades de comprensión y aprendizaje a partir de textos escritos se deben a que los estudiantes no utilizan su conocimiento previo para generar las estrategias de lectura necesarias para aprender a partir del texto (Lenski y Nierstheimer, 2002). Tanto es así que la función del profesor y de la actividad de aprendizaje podría ser crucial para instar al estudiante a aprender a partir del texto y construir una representación mental coherente e interrelacionada.

Para ayudar al estudiante a superar las dificultades mencionadas, el profesor debería plantearle una actividad de aprendizaje relacionada con la información esencial a aprender que, a su vez, induzca conexiones entre las ideas del texto y el conocimiento previo (McDaniel y Einstein, 1989). En la presente tesis se analiza el procesamiento y el aprendizaje de la actividad de responder preguntas con el texto disponible y de la actividad de autoexplicar frases del texto. Responder preguntas es una actividad guiada por las preguntas planteadas por el profesor, las cuales podrían

considerarse como instrucciones específicas de relevancia (McCrudden y Schraw, 2007), mientras que la autoexplicación es una actividad dirigida por el modelo mental que el estudiante va construyendo durante la lectura (Chi, 2000; Roy y Chi, 2005). Ambas actividades han mostrado ser eficaces para el aprendizaje (e.g., Cerdán et al., 2009; Chi et al., 1994; Ozuru et al., 2010; Rothkopf, 1982); sin embargo, no existen evidencias de que una sea más efectiva que otra, ni tampoco se conoce claramente la influencia de las diferencias individuales (e.g., conocimiento previo) en el procesamiento inducido por cada actividad. Por ello, se espera que este trabajo tenga importantes implicaciones en la práctica educativa y, por consiguiente, que contribuya a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. APROXIMACIONES TEÓRICAS PARA APRENDER A PARTIR DEL TEXTO

La comprensión lectora es un prerrequisito para el aprendizaje a partir de textos. Esta ha sido muy estudiada desde el área de la psicología cognitiva y de la comprensión del discurso (Graesser, Millis y Zwaan, 1997). Para entender el concepto de comprensión lectora se debe tener en cuenta las estructuras cognitivas y los procesos psicológicos implicados en la construcción de una representación mental. Comprender un texto supone formar una representación mental coherente del mismo, lo cual requiere entender palabras y frases individuales, pero también procesos de integración y construcción (Bransford y Johnson, 1972; Johnson-Laird, 1983; Kintsch, 1998; Oakhill y Cain, 2018; Spiro, 1980). Por lo tanto, la comprensión del texto es un proceso cognitivamente exigente, pero aún lo puede ser más si el lector debe utilizar la información textual con la finalidad de responder a una tarea determinada (e.g., responder preguntas). Este tipo de situaciones de lectura hacen referencia al enfoque de *lectura orientada a tareas* y a lo que PISA denomina *competencia lectora* (OECD, 2019).

El enfoque de *lectura orientada a tareas* se refiere a aquellas situaciones de lectura en las que el lector conoce que debe leer uno o múltiples textos, procesar la información textual y utilizarla para la consecución de una actividad determinada (Vidal-Abarca et al., 2010). Leer para realizar una tarea implica procesos de comprensión para la formación de una representación mental de la información del texto (Kintsch, 1998) y, también, otros procesos metacognitivos propios de la lectura orientada a la tarea (e.g., Cataldo y Oakhill, 2000; Cerdán, Gilabert y Vidal-Abarca, 2011; Cerdán et al., 2009; Gil, Martínez, et al., 2015; Vidal-Abarca et al., 2010). Estos procesos metacognitivos específicos son necesarios para tomar decisiones relativas a la interacción con el texto y la tarea (Rouet, 2006; Rouet y Britt, 2011; Rouet et al., 2017), y para localizar la información relevante para responder a la tarea (Guthrie y Kirsch, 1987; McCrudden, Magliano y Schraw, 2011; McCrudden y Schraw, 2007; McCrudden, Schraw y Kambe, 2005).

En resumen, los modelos de comprensión hacen más referencia a las operaciones cognitivas que el lector debe realizar para formar una representación mental coherente del texto, mientras que los modelos de lectura orientada a tareas se centran en el uso de la información del texto para responder a metas específicas (e.g., responder preguntas). La presente tesis fundamenta sus explicaciones en el modelo de Construcción-Integración de Kintsch (1998) para hablar de las operaciones cognitivas básicas para comprender un texto, relacionando dicho modelo teórico en mayor medida con una de las actividades de aprendizaje analizadas (i.e., autoexplicaciones). Respecto a los modelos teóricos de lectura orientada a tareas, el presente trabajo está estrechamente relacionado con el modelo *goal-focusing* de McCrudden y Schraw (2007), el modelo TRACE (Rouet, 2006) y el modelo RESOLV (Rouet et al., 2017). Estos modelos proporcionan un marco teórico detallado sobre los procesos cognitivos y metacognitivos llevados a cabo por el estudiante para resolver tareas específicas y definidas (e.g., responder preguntas).

2.1. Modelos de comprensión lectora

El primer modelo de comprensión lectora fue el de Kintsch y van Dijk (1978). A partir de este modelo se han diseñado muchos otros, por ejemplo, *Construction-Integration model* (Kintsch, 1988, 1998), *Causal Network model* (Trabasso y van den Broek, 1985; Trabasso, van den Broek y Suh, 1989), *Constructionist model* (Graesser, Singer y Trabasso, 1994), *Resonance model* (Albrecht y Myers, 1995; Myers, O'Brien, Albrecht y Mason, 1994), *Event-Indexing model* (Zwaan, Langston y Graesser, 1995), *Structure-Building model* (Gernsbacher, 1997; Gernsbacher, Varner y Faust, 1990) y *Landscape model* (van den Broek, Young, Tzeng y Linderholm, 1999). La presente tesis se centra, principalmente, en el modelo de Construcción-Integración (Kintsch, 1988, 1998) porque es el más utilizado para entender el proceso y las dificultades de comprensión de los estudiantes (e.g., Ericsson y Kintsch, 1995; Glenberg, Meyer y Lindem, 1987; McNamara y Magliano, 2009b; Morrow, Bower y Greenspan, 1989). Otro motivo para utilizar el modelo de Construcción-Integración (a partir de ahora, C-I), es que este se ha aplicado con frecuencia a la comprensión de textos expositivos y difíciles (McNamara y Magliano, 2009b), lo cual es crucial para el desarrollo de la tesis por el material de aprendizaje empleado (i.e., textos expositivos de ciencias).

El modelo C-I de Kintsch (1988, 1998) pretende explicar cómo los lectores comprenden conceptos e ideas a partir de un texto. Este modelo se encuentra dentro de lo que se conoce como *arquitectura conexionista* (*connectionist architecture* en inglés), de modo que la comprensión se concibe como la construcción de una red de nodos interconectados semánticamente. Kintsch (1988, 1998) describe el proceso de comprensión a través de una sucesión de ciclos de procesamiento cuya extensión es, aproximadamente, de una frase. En cada ciclo se forman una o múltiples proposiciones, entendiendo por *proposición* la menor unidad de conocimiento que

compone una frase (Kintsch, 1998). Cada proposición incluye relaciones (e.g., verbos) y argumentos (e.g., sustantivos). Por ejemplo, la siguiente frase “*La presión atmosférica es la fuerza del aire ejercida, sobre un punto concreto, por el peso de la columna de aire*” podría descomponerse en tres proposiciones: (1) SER: presión-atmosférica, fuerza-aire; (2) EJERCER-sobre: fuerza, punto-concreto; (3) EJERCER-por: fuerza, peso-columna-aire. Así, una frase puede estar formada por más de una proposición y, además, puede producirse más de un ciclo por frase si esta contiene numerosas proposiciones y su procesamiento es complejo.

Una fase de construcción y otra de integración constituyen cada ciclo de procesamiento, independientemente del número de ciclos por frase. La fase de construcción implica un procesamiento ascendente (*bottom-up processing* en inglés) porque se parte de la decodificación del texto y se accede al significado de los conceptos e ideas. Para entender estos significados, el lector activa el conocimiento que tiene almacenado en su memoria a largo plazo y que es evocado por los conceptos e ideas leídos. Este proceso se produce mediante la propagación de la activación (*dumb activation* en inglés), la cual tiene lugar de forma automática. Por otra parte, la fase de integración implica un procesamiento descendente (*top-down processing* en inglés) para validar proposiciones coherentes con la representación mental previa y rechazar proposiciones redundantes, contradictorias e irrelevantes, entendiendo como *irrelevantes* aquellas que presentan menos conexiones con otras proposiciones (i.e., efecto de centralidad). El resultado final del conjunto de ciclos de procesamiento de una frase es, principalmente, la construcción de una red proposicional o de una representación *base-del-texto* (i.e., ideas del texto con conexiones semánticas); no obstante, si el lector conecta la información del texto con su conocimiento previo vía elaboraciones, sería posible la construcción de una red más elaborada o representación *modelo-de-la-situación* (Wharton y Kintsch, 1991). Asimismo, el procesamiento final de cada ciclo

conlleva procesos adicionales de empaquetamiento en macroproposiciones (*wrap-up* en inglés). Estos procesos de empaquetamiento permiten liberar espacio en la memoria de trabajo y facilitan el procesamiento del siguiente ciclo (i.e., siguiente frase), el cual seguirá la misma secuencia de pasos con algún intento por parte del lector de establecer conexiones entre la frase anterior (e.g., frase 1) y la actual (e.g., frase 2), bien sea a través de la coincidencia entre palabras (*matching* en inglés) o mediante inferencias (e.g. referenciales, causales). Este proceso se repite por cada una de las frases del texto, pudiendo incluso producirse relecturas de las frases ya procesadas para establecer conexiones que contribuyan a la coherencia de la representación mental.

Según el modelo C-I de Kintsch, el procesamiento de las proposiciones de la primera frase del texto (i.e., frase 1) tiene lugar en la memoria operativa o memoria de trabajo, estructura cognitiva esencial en el procesamiento de la información porque es donde se procesan los estímulos recibidos desde el almacén sensorial y donde permanece parte de esta información para ciclos posteriores. La memoria operativa tiene una capacidad de procesamiento y almacenamiento muy reducida (Solso, MacLin y Maclin, 2008). Tanto es así que el espacio que ocupa la información extraída del texto reduce la capacidad disponible para operar y procesar la nueva información (Klatzky, 1975), así como la capacidad para generar relaciones con las ideas anteriores o el conocimiento previo. Por lo tanto, la memoria operativa no puede almacenar toda la información de la frase 1; por el contrario, el lector debe seleccionar las proposiciones esenciales, evaluar si estas son coherentes con su conocimiento previo (i.e., validación), operar con ellas estableciendo conexiones con otras ideas del texto (i.e., inferencia-puente) o con el conocimiento previo (i.e., elaboración) y, finalmente, construir una macroproposición. Así, con la lectura de la siguiente frase (i.e., frase 2), las macroproposiciones de la frase anterior habrán liberado recursos cognitivos de la memoria operativa y facilitarán el establecimiento de conexiones

con la frase que el lector está procesando en ese momento (i.e., frase 2). En caso de no encontrar la relación entre la frase 1 y 2, es posible que el lector la busque consciente y estratégicamente mediante la relectura o incluso accediendo a su conocimiento previo almacenado en la memoria a largo plazo. Este proceso se llama búsqueda de integración (*reinstatement search* en inglés) y es más probable cuando el material es difícil, cuando se tiene poco conocimiento previo del tema o cuando no hay marcadores discursivos (e.g. conectores) o solapamiento de términos (*matching* en inglés) que faciliten la generación de inferencias. Si tras la recuperación del conocimiento previo el lector establece inferencias válidas, es probable la construcción de una representación *modelo-de-la-situación* (Kintsch y van Dijk, 1978); por el contrario, si el lector no encuentra relaciones entre las proposiciones, este deberá construir una nueva red proposicional para intentar encontrar alguna relación que favorezca la construcción de una representación mental coherente e integrada (Kintsch, 1979).

Respecto a la representación mental que el lector va construyendo durante la lectura, el modelo C-I (Kintsch, 1988, 1998) señala tres niveles, los cuales fueron previamente definidos por Kintsch y van Dijk (e.g., Kintsch y van Dijk, 1978; van Dijk y Kintsch, 1983). El primer nivel es el *superficial* o *código de superficie*. Este nivel de representación mental hace referencia a la retención a corto plazo del vocabulario y de la estructura sintáctica basada en la codificación literal del texto. Su finalidad es disponer de información precisa en la memoria operativa hasta que el lector extraiga las proposiciones de la frase y, por consiguiente, deje espacio y recursos cognitivos para la frase entrante. Por ello, la duración de la información literal en la memoria operativa es muy breve. El segundo nivel de representación es el nivel *textual* o *base-del-texto*. Este nivel se refiere a una representación proposicional de las ideas del texto junto con algunas relaciones o inferencias que están explícitas en el mismo. Este nivel se forma a partir de la extracción de

proposiciones del nivel *superficial*, permitiendo al lector recordar las ideas explícitas en el texto, aunque no de forma literal. Los significados que conforman la red proposicional de la representación *base-del-texto* permanecen más tiempo en la memoria operativa en comparación con el nivel *superficial*. El tercer nivel es el *extratextual* o *modelo-de-la-situación*, el cual se construye en base a la integración de las proposiciones relevantes que conforman la representación *base-del-texto* y las ideas del conocimiento previo del lector. Este nivel representacional es el resultado de construir una representación mental coherente e integrada con el conocimiento previo preexistente en la memoria a largo plazo (e.g., Kintsch, 1998; Kintsch y van Dijk, 1978; Oakhill y Cain, 2012; van den Broek, 1994). Sin embargo, nuestros esquemas de conocimiento son muy complejos; por tanto, puede producirse el olvido de parte de la información, bien sea por una organización incompleta o por conexiones débiles entre los nodos.

La construcción de la representación mental de la situación del texto o *modelo-de-la-situación* depende de las operaciones cognitivas y de la actividad inferencial llevada a cabo por el lector (van Dijk y Kintsch, 1983). Si el texto es difícil y el lector no tiene conocimiento previo suficiente es probable que solo consiga una representación *base-del-texto*, es decir, una representación basada en muchas ideas del texto y pocas inferencias; pero si el lector tiene un alto nivel de conocimiento previo, es probable que construya una representación *modelo-de-la-situación* porque, además de la codificación de las proposiciones, presentará elaboraciones (i.e., inferencias entre ideas del texto y el conocimiento previo). En otras palabras, no debe entenderse que el nivel *base-del-texto* y el nivel *modelo-de-la-situación* hacen referencia a representaciones mentales diferentes e independientes (Vidal-Abarca, 2000); por el contrario, debe entenderse como una dimensión continua dependiente de los nodos (i.e., conceptos, ideas) y del tipo de inferencias

existente entre ellos (e.g., inferencias entre ideas próximas del texto, inferencias entre ideas distantes, inferencias entre ideas del texto y el conocimiento previo).

Este modelo teórico de comprensión lectora implica procesos cognitivos (e.g., formar ideas, inferencias) y procesos metacognitivos (e.g., monitorización, autorregulación), ya que el estudiante debe seleccionar y formar proposiciones relevantes, además de monitorizar la validez de las proposiciones en relación a su representación mental previa (O'Brien y Cook, 2016). No obstante, como todos los modelos de comprensión, el modelo C-I no contempla la influencia del propósito de lectura en la comprensión, ni los procesos metacognitivos propios de la lectura orientada a tareas (McNamara y Magliano, 2009b; Rouet, 2006). Esta cuestión afecta al desarrollo de la presente tesis, especialmente para comprender el procesamiento de la actividad de responder preguntas. A continuación, se complementará esta aproximación teórica con los modelos de lectura orientada a tareas más utilizados en los estudios relativos a responder preguntas (e.g., goal-focusing, TRACE, RESOLV).

2.2. Modelos de lectura orientada a tareas

En situaciones de lectura orientada a tareas es necesario prestar atención al efecto de la tarea en el procesamiento y en la interacción del lector con el texto. Una tarea (e.g., pregunta) puede actuar como una instrucción específica de relevancia y dirigir la atención del estudiante hacia el procesamiento de la información relevante (McCrudden y Schraw, 2007). Recientemente, este fenómeno ha sido explicado por el modelo RESOLV (Rouet et al., 2017) como una forma de lectura (RE de *Reading*) para solucionar problemas (SOLV de *Solving*), es decir, los estudiantes tienen que utilizar la información del texto y tomar decisiones para resolver la tarea específica (e.g., pregunta). Este modelo tiene sus antecedentes en el modelo *Text-based Relevance Assessment and Content Extraction* (TRACE) de Rouet (2006), así como en el modelo *Multiple*

Document Task-based Relevance Assessment and Content Extraction (MD-TRACE) de Rouet y Britt (2011). A continuación, se realizará una breve revisión de estos modelos teóricos. El modelo MD-TRACE (Rouet y Britt, 2011) no será desarrollado porque la presente tesis no versa sobre textos múltiples.

El modelo *goal-focusing* fue diseñado por McCrudden y Schraw en el año 2007 para describir cómo una tarea (e.g., pregunta) puede orientar la atención del lector hacia la comprensión y el aprendizaje de la información relevante. McCrudden y Schraw (2007) diferenciaron entre *instrucciones específicas de relevancia* (*specific relevance instructions* en inglés) e *instrucciones generales de relevancia* (*general relevance instructions* en inglés). Las *instrucciones generales de relevancia* centran la atención del lector en grandes categorías, por ejemplo, la perspectiva y el propósito de la lectura. Leer desde una *perspectiva* determinada (e.g., prejuicios sobre el tema del texto) activa unos esquemas previos en el lector, en base a los cuales discrimina la información relevante, la interpreta y organiza su representación mental. Asimismo, leer con un *propósito* (e.g., estudiar para un examen) influye en el procesamiento cognitivo del lector, en el tiempo de lectura, así como en la atención, el recuerdo y el aprendizaje a partir del texto. El efecto del propósito de lectura ya había sido reportado en investigaciones previas (e.g., Lehman y Schraw, 2002; Linderholm y van den Broek, 2002; Lorch, Lorch y Mogan, 1987; Narvaez et al., 1999; van den Broek, Lorch, et al., 2001). Respecto a las *instrucciones específicas de relevancia*, McCrudden y Schraw (2007) distinguieron las *instrucciones de segmentos específicos* (*targeted-segments instructions* en inglés) y las *instrucciones de interrogación elaborada* (*elaborative interrogation instructions* en inglés). Las instrucciones de segmentos específicos o “*what questions*” hacen referencia a preguntas sobre información explícita en un segmento concreto del texto; mientras que las instrucciones de interrogación elaborada o “*why questions*” hacen referencia a preguntas

cuya respuesta va más allá de la información textual y de las relaciones explícitas en el texto. Asimismo, McCrudden y Schraw (2007) determinaron cuatro etapas de procesamiento en situaciones de lectura orientada a tareas. La primera etapa hace referencia a la detección de las señales o claves de relevancia explícitas o implícitas sobre la información del texto. En la segunda etapa, estas claves de relevancia contribuyen a generar metas específicas que ayudan al lector a discriminar la información textual relevante; no obstante, el lector debe adaptar y autorregular estas metas a medida que va leyendo para garantizar una lectura eficaz. La tercera etapa se refiere a la asignación de recursos de localización con la finalidad de evaluar e identificar la relevancia de la información para la consecución de las metas específicas. La cuarta etapa hace referencia al aprendizaje o a la construcción de la representación mental del texto, proceso facilitado por las instrucciones de relevancia al orientar la atención del lector hacia el procesamiento de la información relevante (Lehman y Schraw, 2002).

En resumen, según el modelo *goal-focusing* de McCrudden y Schraw (2007), el lector procesa y asigna los recursos cognitivos en función del tipo de tarea y de su meta. Sin embargo, este modelo no explica en detalle la interacción entre el lector, el texto y la tarea, así como el proceso de toma de decisiones (e.g., búsqueda de información, relectura del texto); por el contrario, se centra en el papel de las instrucciones y su influencia en el aprendizaje del lector.

El modelo TRACE (*Text-based Relevance Assessment and Content Extraction*) de Rouet (2006) describe los procesos para resolver tareas asociadas a la lectura en base a los recursos de memoria y los recursos de información. Los *recursos de memoria* incluyen la representación mental del texto que el lector ha ido formando durante la lectura, el conocimiento previo del lector y los modelos de respuesta a la tarea. Los *recursos de información* son los documentos, la tarea (e.g., preguntas) y la respuesta a la tarea. Ambos recursos están presentes en el procesamiento del

texto, el cual consta de seis pasos (véase Figura 1). Según el modelo TRACE, el lector primero debe examinar las especificaciones del enunciado de la tarea (paso 1) para, posteriormente, construir el modelo de tarea con el número de acciones necesario (paso 2). El modelo de tarea es fundamental para tomar la primera decisión del proceso, que es la necesidad de buscar información en los recursos de información (i.e., texto) o en los recursos de memoria (paso 3). Si el lector decide responder a la tarea a partir de los recursos de memoria (e.g., conocimiento previo, representación mental inicial de la primera lectura), el lector continuará el proceso con la formación del modelo de respuesta (paso 7); sin embargo, si el lector requiere consultar los recursos de información (e.g., texto), este deberá tomar una serie de decisiones relacionadas con la selección de la información textual (paso 4), el procesamiento y la manipulación de dicha información (paso 5), además de evaluar la relevancia de la información en función de su modelo de tarea (paso 6). La selección de la información del texto (paso 4) requiere prestar atención a los marcadores del discurso y otras claves textuales (e.g., *matching* o solapamiento de términos entre el texto y la tarea). Estas características de selección facilitan el procesamiento de la información (paso 5). Para evaluar la relevancia de la información (paso 6), es aconsejable que el lector utilice criterios semánticos e inferenciales entre las ideas del texto y el objetivo de la tarea en lugar de criterios léxicos (e.g., repetición de palabras); sin embargo, el uso de unos criterios u otros dependerá de diferentes aspectos, entre ellos, el diseño de la tarea, las características del texto y el nivel de comprensión del lector (Cerdán, Gilabert y Vidal-Abarca, 2010). Tras el paso 4, 5 y 6, el lector debe formar un modelo de respuesta (paso 7) y evaluar el grado de ajuste de su modelo de respuesta a su modelo de tarea (paso 8). En caso de no encontrar un buen ajuste, el lector deberá repetir parte de este procedimiento (i.e., desde el paso 4 en adelante). El proceso de lectura

orientada a la tarea se da por finalizado cuando el ajuste entre el modelo de tarea y el modelo de respuesta es adecuado.

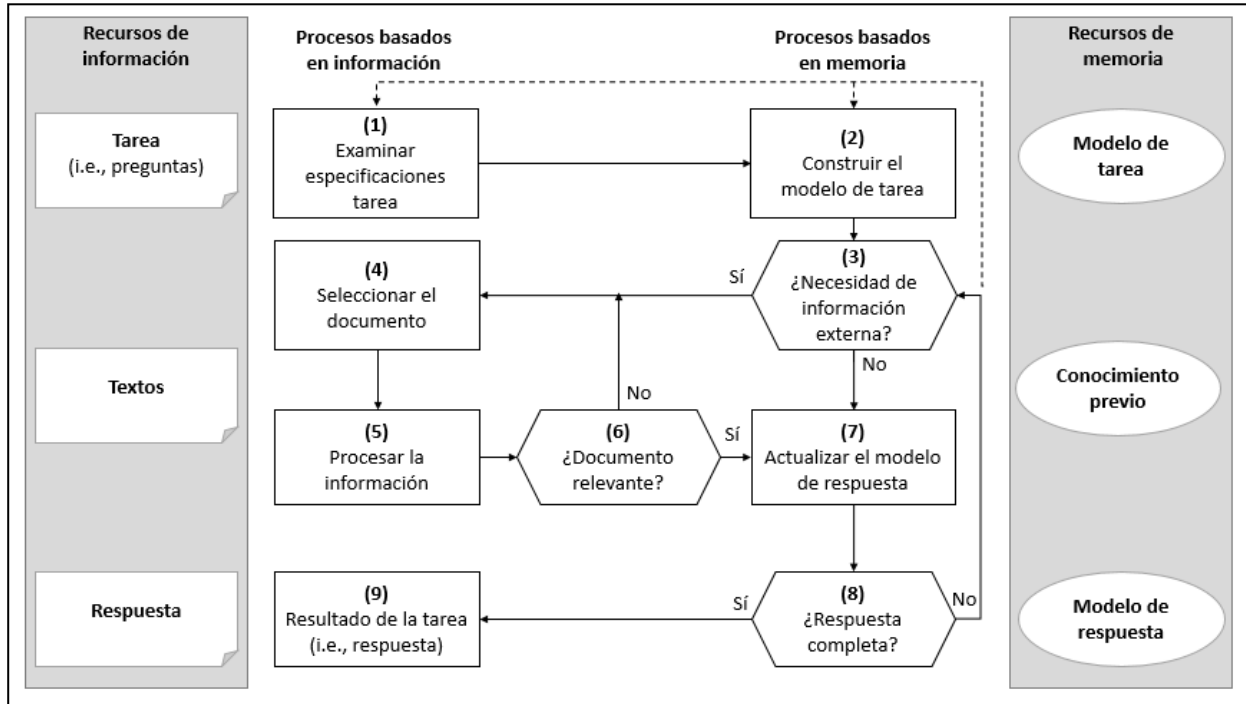


Figura 1. Pasos del modelo TRACE. Traducido y adaptado de Rouet, 2006, p. 105.

La actividad de responder preguntas podría ejemplificar esta secuencia de pasos, ya que el lector debe entender la meta de la pregunta y formar el modelo de tarea (paso 1 y 2, respectivamente). Posteriormente, el lector debe valorar si puede responder a esa pregunta en base a su conocimiento previo o a la información que acaba de leer, en caso de haber realizado una lectura inicial (paso 3). Si la respuesta es afirmativa, el lector puede formar directamente su modelo de respuesta (i.e., desde el paso 3 al paso 7). Si la respuesta es negativa, el lector deberá buscar, procesar y evaluar la relevancia de la información del texto para la consecución de la meta de la pregunta (paso 4, 5 y 6, respectivamente). Bien sea tras el paso 6 o tras el paso 3, el lector debe formar su respuesta (paso 7) y evaluar el ajuste de la misma a la meta de la pregunta (paso 8). Ante un buen ajuste, el proceso se daría por finalizado; en caso contrario, el lector tendría que retomar

el proceso de búsqueda: localización (paso 4), procesamiento (paso 5) y evaluación de la relevancia de la información (paso 6). Posteriormente, el lector retomaría el paso 7 y 8. Esta secuencia de pasos se realizaría por cada pregunta.

La literatura relativa a la lectura orientada a tareas considera que el modelo TRACE es el más útil para comprender los procesos cognitivos y metacognitivos (e.g., monitorización, autorregulación) en situaciones de pregunta-respuesta (Cerdán et al., 2010; Vidal-Abarca, Salmerón y Mañá, 2011). Si bien el modelo TRACE, así como el modelo *goal-focusing* de McCrudden y Schraw (2007), centra el procesamiento del lector en la información relevante para el modelo de tarea (i.e., criterio de relevancia), este también atiende a la autorregulación del lector en el proceso de toma de decisiones y de búsqueda de información relevante en el texto (Vidal-Abarca et al., 2011).

El modelo RESOLV (Rouet et al., 2017) entiende la lectura como una situación de solución de problemas (*REading as problem SOLVing* en inglés). Este modelo se basa en el modelo TRACE, pero añadiendo la influencia del contexto en el proceso de lectura. Por lo tanto, Rouet et al. (2017) señalaron los siguientes tres constructos: el modelo de contexto, el modelo de tarea y los resultados y procesos de lectura. Rouet et al. (2017) también identificaron cinco dimensiones que influyen en la formación del modelo de contexto: la petición o la necesidad, el solicitante, la audiencia, el apoyo y los obstáculos, y los agentes sociales. Por otro lado, también identificaron cuatro categorías relacionadas con los recursos del lector: el esquema del contexto, el conocimiento de las estrategias de lectura, las habilidades de autorregulación (e.g., planificar, monitorizar, regular) y las habilidades de comprensión (e.g., decodificación). Según Rouet et al. (2017), tanto el *modelo de contexto* como el *modelo de tarea* se forman antes de la lectura (véase Figura 2). El lector primero forma una representación basada en la extracción de las características de su

contexto físico y social, así como de su relación con los patrones y esquemas previos del contexto (i.e., modelo de contexto). Este modelo es un prerequisite para la formación del modelo de tarea (paso 1), entendiendo como *modelo de tarea* aquella representación mental subjetiva e individual de la meta de la tarea y de los recursos para alcanzarla. Este modelo de tarea guiará los procesos de comprensión (e.g., qué y cómo leer) hacia la consecución de la meta (paso 2). El tercer paso hace referencia a ciclos de naturaleza iterativa que favorecen los procesos de comprensión del texto y los mecanismos de autorregulación (paso 3). El cuarto paso está relacionado con la actualización constante del modelo de tarea en función de los resultados de comprensión, la necesidad o no de buscar información en el texto, así como del análisis de la relación coste-beneficio para la consecución de la meta de la tarea (paso 4). El quinto y último paso del modelo RESOLV es la revisión del modelo de contexto para solventar los inconvenientes detectados a través del procesamiento inducido por el modelo de tarea (paso 5). Esta revisión del modelo de contexto es importante porque los resultados y procesos de comprensión no ejercen una influencia directa en la actualización y modificación del modelo de contexto.

La principal diferencia del modelo RESOLV con el modelo TRACE es que no se basa en una sucesión de ciclos homogéneos, sino que se asume que las acciones y las decisiones del lector se deben a un proceso de coste-beneficio y a la evaluación del propio conocimiento. Por ello, el modelo RESOLV es el modelo de lectura orientada a tareas más completo hasta el momento, pues ofrece un marco teórico sobre cómo los lectores construyen el modelo de tarea, teniendo en cuenta las limitaciones del tiempo, de recursos de procesamiento y de la relación coste-beneficio para la consecución de la meta de la tarea.

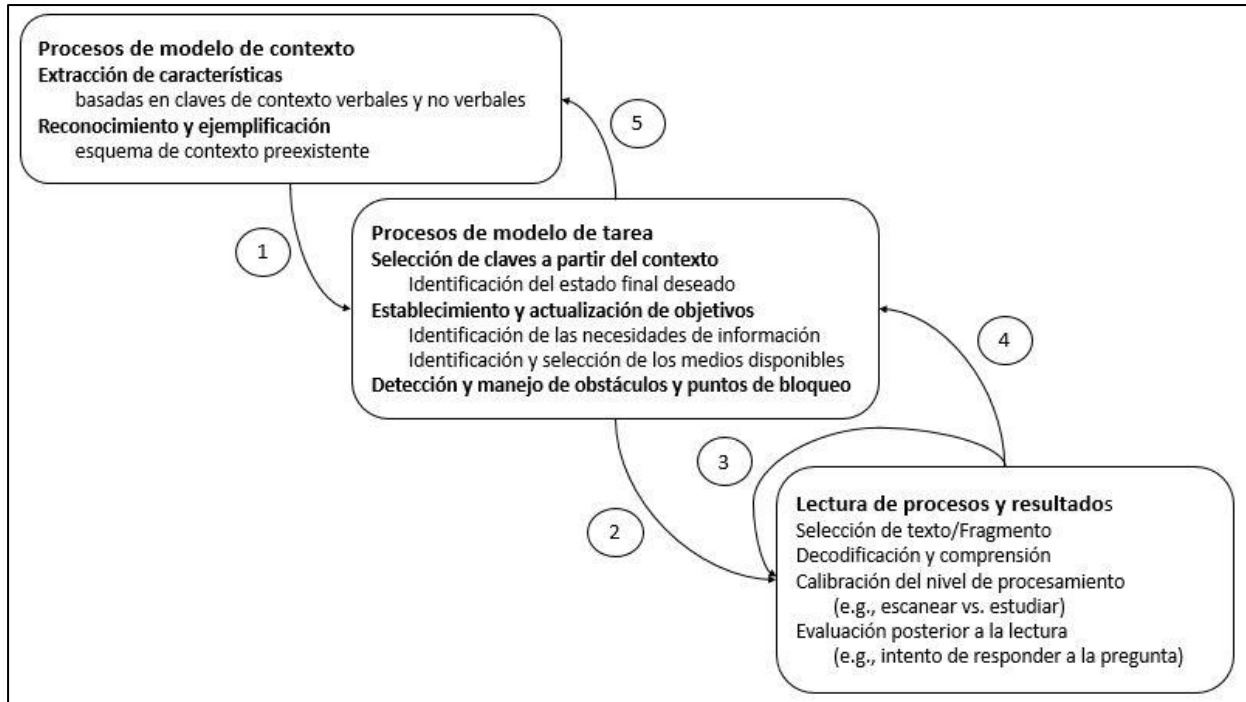


Figura 2. Pasos del modelo RESOLV. Traducido y adaptado de Rouet et al., 2017, p. 205.

3. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

En el contexto educativo, los estudiantes suelen aprender conocimiento declarativo complejo a partir de textos expositivos (e.g., textos de ciencias). Sin embargo, como se ha mencionado en secciones anteriores, los estudiantes tienen dificultades para aprender a partir de este tipo de textos (e.g., Best et al., 2005; McNamara, 2004b; Rouet y Vidal-Abarca, 2002). Estas dificultades tienen su origen en los procesos de comprensión que dependen de la capacidad del estudiante para activar su conocimiento previo y relacionarlo con la nueva información (i.e., elaboración), ya sea porque nuestra memoria de trabajo tiene una capacidad limitada, porque la elaboración es un proceso cognitivo complejo y/o porque los estudiantes no suelen disponer de suficiente conocimiento previo en ciencias (Rouet y Vidal-Abarca, 2002). Asimismo, el procesamiento frase a frase inducido por los textos expositivos tampoco ayuda al estudiante a

generar elaboraciones, sino que obstaculiza la actividad inferencial (Coté y Goldman, 1999; Coté et al., 1998). Para facilitar el aprendizaje a partir del material escrito, los profesores pueden plantear a sus alumnos actividades guiando su procesamiento hacia la información relevante (e.g., responder preguntas) o promoviendo la construcción de una representación mental coherente del texto (e.g., autoexplicación). Estas actividades han sido ampliamente estudiadas de forma individual, pero no se ha analizado qué diferencias de procesamiento existen entre ellas ni la eficacia relativa de estas actividades para el aprendizaje.

El propósito de esta sección es ofrecer información del procesamiento y de la eficacia de la actividad de autoexplicar y de responder preguntas, teniendo en cuenta que son actividades basadas en aproximaciones instruccionales diferentes (i.e., modelos de comprensión, modelos de lectura orientada a tareas) y, además, que el procesamiento y la contribución de cada actividad podría verse influido por factores propios de la tarea (e.g., tipo de pregunta o frase a autoexplicar; momento de introducción de la tarea o *timing*) y por factores intrapersonales (e.g., conocimiento previo).

3.1. Autoexplicación

La autoexplicación es una actividad de aprendizaje que no se relaciona con la memorización sino con la comprensión del material que el estudiante está leyendo (Chi, 2000). La investigación sobre esta actividad de aprendizaje se ha realizado con gran frecuencia en situaciones de aprendizaje a partir de textos (e.g., Chi, 2000; Chi et al., 1994; McNamara, 2004b; Ozuru et al., 2010), pero esta puede llevarse a cabo en cualquier contexto de aprendizaje, por ejemplo, en la resolución de problemas (e.g., Chi, Bassok, Lewis, Reimann y Glaser, 1989; Renkl, 2002; Rittle-Johnson, Loehr y Durkin, 2017). Respecto a las situaciones de aprendizaje a partir de textos, la autoexplicación es recomendable para la comprensión de textos desafiantes o de baja cohesión,

debido a la necesidad de hacer inferencias para completar las omisiones de información y compensar los déficits de conocimientos previo sobre el tema (e.g., McNamara y Magliano, 2009a; Ozuru et al., 2010). Los textos académicos cumplen estas características (Chi et al., 1994), de modo que la autoexplicación podría ayudar al estudiante a comprender conocimiento declarativo complejo a partir de este tipo de textos.

Autoexplicar no es sinónimo de explicar información a otra persona ni de pensar en voz alta, es decir, no consiste en transmitir información a un receptor ni tampoco en verbalizar lo que uno está pensando al leer la frase. Por el contrario, autoexplicar supone generar explicaciones, ya sea de forma oral o escrita, con el objetivo de dar sentido a la nueva información y facilitar su comprensión (Chi, 2000; Fonseca y Chi, 2011). Esta actividad tiene mayores beneficios para el aprendizaje que pensar en voz alta (McNamara y Magliano, 2009a) o incluso que explicar a una tercera persona (Chi, 2000). Cuando el estudiante debe explicar a una tercera persona, este debe construir explicaciones completas para garantizar una transmisión coherente de información, pese a que estas explicaciones pueden no estar alineadas con el modelo mental del receptor (Chi, 2000); sin embargo, la autoexplicación es una actividad constructiva que favorece que el estudiante genere sus propias explicaciones durante la lectura del texto y en base a su modelo mental (Chi, 2000). Por lo tanto, el procesamiento y la eficacia de la autoexplicación para el aprendizaje podría ser más dependiente del modelo mental del estudiante y del efecto de algunos factores intrapersonales (e.g., conocimiento previo) que de la frase a autoexplicar o de las instrucciones del profesor. Examinar la naturaleza de esta actividad podría ayudarnos a comprender el procesamiento y el aprendizaje alcanzado por los estudiantes a partir de la autoexplicación de determinadas frases del texto.

A continuación, describiremos el marco de trabajo para autoexplicar frases del texto, el procesamiento de esta actividad de aprendizaje y su repercusión en el aprendizaje final del estudiante. Para explicar el procesamiento del estudiante atenderemos a los procesos cognitivos o estrategias de lectura inducidas por la actividad, el efecto del tipo de frase a autoexplicar (*target sentence* en inglés), el comportamiento del estudiante en la tarea, así como el efecto del conocimiento previo en la actividad inferencial del estudiante.

3.1.1. Marco teórico para la actividad de autoexplicar frases del texto

El modelo C-I de Kintsch (1988, 1998) ha sido ampliamente utilizado en las investigaciones relativas a la autoexplicación (e.g., McNamara, 2004a, 2004b, 2017; McNamara et al., 2004; Ozuru et al., 2010). La literatura relativa a esta actividad de aprendizaje no ha mostrado relación con los modelos de lectura orientada a tareas (e.g., TRACE, RESOLV). El principal motivo podría ser que las instrucciones de esta actividad no enfatizan el uso de la información del texto para resolver tareas específicas; por el contrario, pedir a un estudiante que autoexplique frases relevantes del texto tiene como objetivo la formación de una representación mental coherente del texto (e.g., Chi, 2000; Chi et al., 1994; Fonseca y Chi, 2011). Es por ello que los modelos de comprensión ofrecen un buen marco teórico para explicar el procesamiento inducido por las autoexplicaciones.

La autoexplicación contribuye a la comprensión de textos expositivos y científicos facilitando la construcción activa de la representación mental del texto y la monitorización del nivel de comprensión durante la lectura (e.g., Chi y Bassok, 1989; Chi et al., 1994; Chi y VanLehn, 1991; Ozuru et al., 2010). Según el modelo C-I de Kintsch (1988, 1998), el lector debe llevar a cabo un conjunto de procesos a través de una sucesión de ciclos de procesamiento para construir una representación mental coherente del texto (véase Sección 2.1.). La representación mental final

dependerá de los procesos cognitivos llevados a cabo por el estudiante durante el proceso de autoexplicación (McNamara, 2004a), de modo que los estudiantes deben procesar activamente el texto y comprometerse con el proceso de comprensión de la nueva información (Chi, 2008).

A partir de la autoexplicación de las frases señaladas por el instructor (e.g., profesor), el estudiante podría alcanzar diferentes niveles de representación mental dependiendo de las operaciones inferenciales llevadas a cabo a partir de la información textual. Si el estudiante se limita a la extracción del significado de las frases a autoexplicar, la representación mental final del estudiante será de *base-del-texto* (Kintsch, 1988, 1998; Kintsch y van Dijk, 1978; McNamara, 2004b; van Dijk y Kintsch, 1983). Sin embargo, el estudiante puede alcanzar una representación *modelo-de-la-situación* si, además de comprender las proposiciones del texto, construye activamente nuevo conocimiento a partir de la información textual o establece inferencias complejas, por ejemplo, entre proposiciones que no están explícitamente conectadas en el texto o entre las proposiciones del texto y el conocimiento previo, i.e., elaboración (Kintsch, 1988, 1998; Kintsch y van Dijk, 1978; McNamara, 2004b; van Dijk y Kintsch, 1983). Si el texto proporciona suficiente información, se activaría el conocimiento previo relacionado con la información del texto y, por consiguiente, una parte importante de la construcción de dicha representación mental sería prácticamente automática (Adams y Collins, 1979; Anderson, 1994; Kintsch, 1988, 1998; McNamara et al., 1996). Nótese que ambos niveles representacionales no aluden a representaciones mentales diferentes. La representación mental del texto es solo una, pero con múltiples posibilidades. Por ejemplo, un estudiante puede generar autoexplicaciones que le ayuden a comprender de forma bastante precisa las ideas del texto y a realizar múltiples inferencias entre ideas textuales, mientras que otro estudiante puede haber entendido las ideas del texto y haber realizado pocas inferencias. También es posible que un estudiante haya entendido pocas ideas del

texto y haya hecho pocas inferencias, mientras que otro estudiante puede haber comprendido las ideas del texto y haberlas integrado con su conocimiento previo (e.g., elaboración). La distinción de los dos niveles representacionales (i.e., base-del-texto, modelo-de-la-situación) es útil para conocer la composición, la estructura y la calidad de las relaciones entre los nodos, entendiendo que una representación *modelo-de-la-situación* incluye una *representación base-del-texto*.

El modelo situacional integra todas las inferencias activadas por el lector durante el proceso de lectura, las cuales cuanto más precisas sean, más se relacionarán con la comprensión profunda del texto. El problema es que los estudiantes frecuentemente sobreestiman su nivel de aprendizaje, es decir, tienen la ilusión de aprender cuando leen y son poco conscientes de sus problemas de comprensión (Chi, 2000). Cuando se pide a un estudiante que autoexplique frases del texto durante el proceso de construcción de la representación mental, es posible que sus autoexplicaciones sean incompletas o incorrectas. Si el estudiante no toma consciencia del error o de la parcialidad de sus autoexplicaciones, estas podrían resultar en la construcción de una representación mental errónea y obstaculizar el aprendizaje (Conati y VanLehn, 1999).

3.1.2. *Procesamiento inducido por la autoexplicación*

La autoexplicación es considerada una actividad de aprendizaje inferencial y constructiva, por lo que puede llevarse a cabo en cualquier situación de aprendizaje (Chi, 2000; Chi et al., 1994; McNamara, 2004b). Por un lado, es una actividad inferencial porque se espera que el estudiante complete omisiones de información en el texto y/o lagunas de conocimiento del propio modelo mental, a la vez que debe ir monitorizando su comprensión y reparando posibles errores conceptuales (e.g., Chi, 2000; Chi et al., 1994; McNamara, 2004b; Roy y Chi, 2005). También se considera una actividad constructiva porque favorece la construcción de nuevo conocimiento a partir de la integración de la nueva información con el conocimiento previo (Chi et al., 1994).

Pedir a un estudiante que autoexplique una frase de un texto implica un procesamiento activo y cognitivamente exigente. El procedimiento habitual para proponer esta actividad de aprendizaje al estudiante es pedirle que autoexplique una frase del texto inmediatamente tras su lectura (e.g., McNamara, 2004b; McNamara et al., 2004). Para la selección de esta frase, el profesor debe enfatizar aquellas ideas clave para la formación de una representación mental coherente del texto (i.e., criterio de importancia, efecto de centralidad). Sin embargo, la autoexplicación no acentúa el uso de la información del texto para dar respuesta a una demanda específica, sino que promueve que el estudiante dé sentido a la información que está leyendo y que construya nuevo conocimiento *por* y *para* sí mismo (Chi, 2000; McNamara y Magliano, 2009a). Por lo tanto, esta actividad de aprendizaje está guiada por el modelo mental que el estudiante va construyendo a medida que avanza en la lectura del texto (Chi, 2000).

La investigación relativa a esta actividad de aprendizaje no ha dispuesto de una clasificación de tipos de frases a autoexplicar; sin embargo, es posible que el estudiante active diferentes procesos cognitivos en función de si la frase se inicia con un conector o si presenta omisiones de información. Por consiguiente, el estudiante podría activar diferentes procesos y estrategias al autoexplicar F1 (e.g., *“La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera”*) que al autoexplicar F2, (e.g., *“Por este motivo, si intentáramos replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, en vez de al nivel del mar como el experimento original, variaría la cantidad de mercurio que saldría del tubo”*). A partir de ahora, llamaremos *frase-objetivo local* (*local target sentence* en inglés) y *frase-objetivo global* (*global target sentence* en inglés) a las frases similares a F1 y F2, respectivamente. Esta clasificación es exploratoria y análoga al tipo de preguntas utilizado en la presente tesis (véase *Sección 3.2.2.*).

Una *frase-objetivo local* (F1) es aquella que representa una idea sin referencia explícita a la información anterior y sin omisiones de información (e.g., definición de presión atmosférica). Para autoexplicar este tipo de frases es poco probable un procesamiento inferencial. En su defecto, sería más probable encontrar que el estudiante repita las ideas textuales de la frase-objetivo o las ideas próximas relacionadas con esta con cambios léxicos y sintácticos mínimos (e.g., sinónimos, cambio de orden de las palabras). Esta estrategia es conocida como *paráfrasis*, la cual es clasificada como una estrategia de baja calidad (Chi, 2000; Roy y Chi, 2005). Chi et al. (1994) excluyeron esta estrategia de lectura de sus protocolos de autoexplicación porque parafrasear la información del texto no implica construir nuevo conocimiento. No obstante, la paráfrasis contribuye a la construcción de la representación base-del-texto, la cual es esencial para posteriormente generar inferencias (McNamara, 2004b; McNamara y Magliano, 2009a). Por ello, esta estrategia es incluida en los programas de entrenamiento para enseñar a los estudiantes a construir autoexplicaciones adecuadas, por ejemplo, SERT (McNamara, 2004b) o iSTART (McNamara et al., 2004). Un ejemplo de autoexplicación de F1 podría ser el siguiente: “*La presión atmosférica es el peso de una columna de aire que hay desde el límite superior de la atmósfera hasta un punto concreto de la Tierra*”.

Una *frase-objetivo global* puede presentar omisiones de información, puede plantear una situación hipotética para la aplicación y transferencia de información, puede presentar un conector que promueva la relación de ideas-unidad distantes en el texto, o incluso puede ser una combinación de todas estas opciones (e.g., F2). Estas características podrían favorecer la generación de elaboraciones a partir de la integración de la nueva información con el conocimiento previo del estudiante, o bien conectando ideas textuales distantes para garantizar la comprensión del texto como un todo (Chi et al., 1994; McNamara, 2004b; McNamara et al., 2004). Para

autoexplicar F2, el estudiante ha leído previamente el procedimiento del experimento de Torricelli, así como la explicación relativa a la variación del peso del aire con la altura; por tanto, cuando se le pide autoexplicar la frase F2, puede ser que el estudiante conecte estos segmentos relevantes del texto que no son inmediatamente anteriores a la frase a autoexplicar, active su conocimiento previo relacionado con las ideas de la frase-objetivo (e.g., características del Everest) o incluso hipoteticamente el nivel de mercurio que quedaría en el tubo. Por lo tanto, las elaboraciones correctas e incorrectas podrían ser más frecuentes en este tipo de frases-objetivo en comparación con las frases-objetivo locales. Una posible autoexplicación a F2 podría ser la siguiente: *“En el Everest hay menos presión, por lo que se necesitaría menos mercurio para igualar su peso con la presión atmosférica que existe en este punto”*.

Pese al planteamiento teórico de este tipo de frases y de las posibles estrategias que cada una podría desencadenar en el estudiante, la naturaleza de la autoexplicación podría reducir la influencia del tipo de frase-objetivo en el contenido de las autoexplicaciones y en el comportamiento lector en la tarea. Cuando un estudiante tiene que autoexplicar una frase del texto tiene el objetivo de formar una representación mental coherente, por lo que es posible que este no se ciña a explicar solo el significado de la frase-objetivo. Algunos estudios han demostrado que el contenido de las autoexplicaciones es amplio e impredecible (Bisra, Liu, Nesbit, Salimi y Winne, 2018; Chi, 2000; Roy y Chi, 2005; Siegler, 2002). Autoexplicar una frase del texto implica cambiar dinámicamente de estrategias de lectura (Chi, 2000), por lo que el estudiante puede incluir todas las ideas textuales e inferenciales que considere necesarias para la formación de una representación mental coherente del texto. Por ejemplo, aunque el profesor pida al estudiante autoexplicar la frase F1, el estudiante puede llevar a cabo diferentes autoexplicaciones: (a) puede explicar el significado de la frase seleccionada por el profesor (McNamara y Magliano, 2009a), en este caso, la definición

de la presión atmosférica (e.g., “*La presión atmosférica es la fuerza del peso del aire que hay desde el límite superior de la atmósfera hasta un punto de la Tierra*”); (b) puede incluir información previa relacionada con la frase que se le pide autoexplicar (Chi et al., 1994), e.g., “*La presión atmosférica es la fuerza que el aire de la atmósfera hace en un punto concreto debido a su peso que es de 5500 toneladas*”; (c) puede referirse a aquello que la frase le sugiere o le hace preguntarse (Chi et al., 1994), e.g. “*La presión atmosférica es la fuerza del peso del aire sobre la Tierra. Diría que es lo mismo que la gravedad, la cual nos mantiene también pegados en la Tierra*”; o (d) puede hacer una combinación de todas las interpretaciones anteriores (e.g., “*La presión atmosférica es la fuerza del peso de una columna de aire sobre todos los cuerpos de la superficie terrestre, pero si estamos en una montaña la columna sería más corta y la presión sería menor*”).

Respecto al comportamiento del estudiante en la tarea, no existen muchos estudios que informen de la distribución del tiempo cuando el estudiante autoexplica frases del texto en comparación con otras actividades de aprendizaje (Bisra et al., 2018). Algunos estudios demostraron que estudiar el texto utilizando la autoexplicación requiere mucho más tiempo que estudiar el mismo texto sin ninguna actividad asociada o a partir de la relectura (e.g., Chi et al., 1994; Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan y Willingham, 2013). Generalmente, un mayor tiempo en la tarea contribuye al aprendizaje (Fisher y Berliner, 1985; Gettinger y Ball, 2007), siempre y cuando este tiempo haya sido invertido en el procesamiento activo de la información y, además, haya sido suficiente en relación a aquel que el estudiante necesita para aprender ese contenido (Carroll, 1963). Sin embargo, Schworm y Renkl (2006) no encontraron una correlación significativa entre el tiempo en la tarea y el rendimiento al usar la autoexplicación para aprender a partir de ejemplos resueltos. Por consiguiente, podemos asumir que el comportamiento del

estudiante en la actividad de autoexplicar frases del texto y su relación con el aprendizaje es una cuestión por abordar.

Si bien la autoexplicación podría requerir más tiempo en la tarea en comparación con otras actividades de aprendizaje, es más probable que este mayor tiempo se deba al proceso de construir la respuesta (i.e., autoexplicación) que a la relectura del texto. Cuando los estudiantes autoexplican frases del texto pueden necesitar mucho tiempo para construir la respuesta debido a que el contenido de la autoexplicación es amplio y diverso (Bisra, et al. 2018; Chi, 2000; Roy y Chi, 2005; Siegler, 2002); sin embargo, es poco probable que inviertan mucho tiempo buscando información en el texto por dos motivos: primero, porque la autoexplicación es una actividad que no tiene una demanda claramente definida que invite al estudiante a localizar y utilizar ideas del texto con un fin concreto; y segundo, porque los estudiantes acaban de leer la información que se les solicita autoexplicar. La autoexplicación se lleva a cabo de una forma continua, fragmentada y secuencial (Chi et al., 1994), por lo que este tipo de procesamiento podría reducir la necesidad de buscar información en el texto, ya que sería más fácil recuperar la información que acaban de leer para responder a la frase-objetivo. Aun así, en caso de que el estudiante decidiese releer información del texto, no invertiría mucho tiempo porque la localización de la información se vería facilitada y acotada por la ubicación de las frases-objetivo a autoexplicar.

La naturaleza de la actividad de autoexplicar frases del texto debe tenerse en cuenta para plantear esta actividad de aprendizaje a los estudiantes. Tal y como hemos comentado anteriormente, la autoexplicación es una actividad constructiva generada *por* y *para* uno mismo (Chi, 2000), por lo que los factores intrapersonales pueden tener una gran influencia en los procesos de comprensión y aprendizaje a partir de las autoexplicaciones.

Para la construcción de una representación mental coherente del texto, tener un buen nivel de conocimiento previo es imprescindible. Este ofrece al estudiante una base para procesar el texto más activamente y, además, facilita múltiples procesos de comprensión, por ejemplo, la formación de las ideas del texto sin sobrecargar la memoria operativa o la integración de la nueva información con lo que uno ya sabe, i.e., elaboración (e.g., Afflerbach, 1986; Bransford y Johnson, 1972; Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Chiesi et al., 1979; Kendeou y van den Broek, 2007; Kintsch, 1988, 1998; Means y Voss, 1985; Shapiro, 2004; Snow et al., 1998).

Las elaboraciones son fundamentales para almacenar la información a aprender en la memoria a largo plazo (Chi, 2000; Kintsch, 1988, 1998; McNamara, 2004b; Pressley et al., 1992; Willoughby et al., 1993). La mayoría pueden producirse de forma prácticamente automática como consecuencia de la activación del conocimiento previo durante el proceso de comprensión (Elbro y Buch-Iversen, 2013). Podemos asumir, por tanto, que los estudiantes con alto conocimiento previo que autoexplican frases del texto pueden generar inferencias más allá de la información textual, especialmente si el texto es de baja coherencia y debe superar omisiones de información (Chi, 2000; McNamara y Kintsch, 1996). Por el contrario, si el estudiante tiene un bajo nivel de conocimiento previo del tema, es más probable que se limite a la repetición y a la paráfrasis de la información textual (McNamara, 2001, 2004; McNamara y Kintsch, 1996; McNamara et al., 1996; McNamara y Magliano, 2009a). Por ejemplo, para autoexplicar F2 (*“Por este motivo, si intentáramos replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, en vez de al nivel del mar como el experimento original, variaría la cantidad de mercurio que saldría del tubo”*), un estudiante con un conocimiento previo alto podría construir autoexplicaciones inferenciales a través de la conexión de la información relevante de párrafos distantes (e.g., experimento de Torricelli, variación de la densidad de las capas de aire con la altura) y/o haciendo hipótesis a partir

de la información textual (e.g., cómo variarían la cantidad de mercurio del tubo); sin embargo, un estudiante con bajo nivel de conocimiento previo tendría dificultades para compensar las omisiones de información del texto y/o completar sus lagunas conceptuales vía elaboraciones (McNamara, 2001, 2004; McNamara y Kintsch, 1996; McNamara y Magliano, 2009a).

Las dificultades mencionadas para generar elaboraciones y construir una representación mental coherente, especialmente en estudiantes con bajo conocimiento previo, podrían tener repercusiones importantes en la eficacia de la autoexplicación para el aprendizaje. Dunlosky et al. (2013) concluyeron que se requiere más investigación para conocer cómo la eficacia de la autoexplicación puede variar en función del conocimiento previo del estudiante y su implicación en los procesos de comprensión.

3.1.3. *Eficacia de la autoexplicación para el aprendizaje*

La eficacia de la autoexplicación en el aprendizaje se ha demostrado con una gran variedad de temas (e.g., textos de ciencias, solución de problemas) y diferentes etapas educativas (Chi et al., 1994; Rittle-Johnson, 2006; Roy y Chi, 2005; Siegler, 2002). En situaciones de lectura, particularmente de textos expositivos y científicos, la autoexplicación contribuye a la comprensión porque facilita la construcción activa y la revisión de la representación mental durante la lectura (e.g., Chi, 2000; Chi y Bassok, 1989; Chi et al., 1994; Chi y VanLehn, 1991; Ozuru et al., 2010). Autoexplicar una frase del texto implica monitorizar la comprensión, relacionar ideas del texto, integrar la nueva información con el conocimiento previo y revisar el modelo mental progresivamente hasta construir una representación mental coherente e integrada (Chi, 2000). La ayuda del profesor, por ejemplo, reduciendo las omisiones de información para que el texto sea comprensible para todos los estudiantes, podría tener un efecto negativo en el aprendizaje por no ser la ayuda que el estudiante necesita para revisar y enriquecer su modelo mental (Chi, 2000;

Ozuru et al., 2010; Recker y Pirolli, 1995; Reder, Charney y Morgan, 1986). Por lo tanto, el papel del profesor en diseñar la actividad de autoexplicación (e.g., selección de las frases a autoexplicar) no garantiza su eficacia para el aprendizaje, sino que esta dependerá del procesamiento activo del estudiante en relación a la revisión de su modelo mental y la construcción de nuevo conocimiento a partir de procesos cognitivos inferenciales (Chi, 2000; McNamara, 2004b).

Chi et al. (1989) acuñaron el término de *efecto de autoexplicación*, el cual indica que la cantidad de autoexplicaciones generadas por el estudiante correlaciona positivamente con el rendimiento en la prueba de aprendizaje; sin embargo, estudios posteriores señalaron que no todas las autoexplicaciones tienen el mismo impacto en el aprendizaje (Chi, 2000; Chi et al., 1994; Kuhn y Katz, 2009; Lombrozo, 2006). Los estudiantes que utilizan estrategias inferenciales manifiestan un mejor rendimiento en pruebas de comprensión en comparación con aquellos estudiantes que se centran exclusivamente en la información textual (e.g., Chi, 2000; Chi et al., 1989, Ferguson-Hessler y de Jong, 1990; Roy y Chi, 2005). Por consiguiente, podemos asumir que la eficacia de las autoexplicaciones está estrechamente relacionada con las estrategias de lectura utilizadas por el estudiante y su precisión (i.e., grado de ajuste al significado de la idea o concepto).

Los estudiantes que autoexplican frases del texto mientras leen pueden construir un modelo situacional a partir del texto, especialmente si tienen conocimiento previo suficiente para generar elaboraciones y compensar sus lagunas conceptuales (McNamara, 2001, 2004; McNamara y Kintsch, 1996; McNamara y Magliano, 2009a). Asimismo, a partir de la autoexplicación, el estudiante podrá procesar todas aquellas ideas del texto que considere necesarias para su comprensión; sin embargo, como inconveniente, esta amplitud de procesamiento podría inducir al estudiante a parafrasear muchas ideas textuales en lugar de establecer relaciones entre el texto y su conocimiento previo (i.e. elaboración). Si bien es cierto que la paráfrasis de la información

textual favorece la construcción de la representación mental de base-del-texto (McNamara, 2004b), la contribución de la autoexplicación para el aprendizaje podría verse reducida si el estudiante centra su atención exclusivamente en la información textual. Lombrozo (2006) concluyó que las autoexplicaciones contribuyen al aprendizaje en la medida que favorecen la integración de la nueva información con el conocimiento previo del estudiante. Este proceso cognitivo se relaciona con la comprensión profunda del texto (Bransford y Johnson, 1972; Chi et al., 1994; Kintsch, 1998; McNamara, 2004b; Pressley et al., 1992; Spilich, Vesonder, Chiesi y Voss, 1979).

Además del tipo de estrategias de lectura empleadas en las autoexplicaciones, cabe señalar la influencia de la precisión de las mismas. McNamara (2004b) demostró que solo las paráfrasis incorrectas tenían un efecto negativo en el aprendizaje del estudiante, mientras que las paráfrasis correctas y las elaboraciones correctas e incorrectas favorecían el aprendizaje de los estudiantes que autoexplicaban frases del texto. Chi et al. (1994) y McNamara (2004b) reportaron una correlación positiva entre la elaboración y el rendimiento en la prueba de comprensión, incluso aun siendo esta estrategia incorrecta. La manifestación de elaboraciones incorrectas en las autoexplicaciones del estudiante contribuye positivamente al aprendizaje por dos motivos: primero, se asume que las elaboraciones se van almacenando en la representación mental del estudiante, ya que manifiestan una conexión entre la nueva información y el conocimiento previo (Chi, 2000), y en segundo lugar, el estudiante sigue leyendo información correcta, por lo que dispone de múltiples oportunidades para advertir el error conceptual, repararlo y construir una representación mental coherente del texto (Chi et al., 1989, 1994). Esta segunda contribución es similar al efecto del *modelo de cascada* utilizado para explicar cómo el estudiante aprende

habilidades complejas en actividades relacionadas con la solución de problemas o a partir de ejemplos resueltos (Vanlehn, 1999).

Ainsworth y Burcham (2007) concluyeron que existen pocos estudios sobre las condiciones bajo las cuales la autoexplicación puede ser más beneficiosa para el aprendizaje en comparación con otras actividades (e.g., responder preguntas). Analizar las estrategias de lectura incluidas en las autoexplicaciones de los estudiantes y la precisión de las mismas es importante para comprender el procesamiento del estudiante y su repercusión en el aprendizaje a partir del texto.

3.2. Responder preguntas

La lectura orientada a tareas es habitual en situaciones de enseñanza-aprendizaje (White, Chen y Forsyth, 2010). Una de las situaciones más frecuentes en las aulas es pedir a los estudiantes que respondan preguntas de diferente complejidad con el texto disponible (Ness, 2011; Sánchez y García, 2015; Sánchez et al., 2010). A través de esta actividad es posible conocer qué ideas han aprendido los estudiantes a partir del texto (e.g., Cerdán, Gilabert, et al., 2011; Golding, Graesser y Millis, 1990; Mañá, Vidal-Abarca y Salmerón, 2017; Vidal-Abarca et al., 2010).

Plantear preguntas al estudiante permite orientar su procesamiento y aprendizaje hacia la información relevante del texto (McCrudden y Schraw, 2007; van den Broek, Tzeng, Ridsen, Trabasso y Basche, 2001). Las preguntas plantean metas específicas que actúan como instrucciones específicas de relevancia (McCrudden y Schraw, 2007). A partir de esta meta específica, el estudiante forma un modelo de tarea que dirige su procesamiento del texto, así como el ajuste de su respuesta a la demanda de la pregunta (Rouet, 2006; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). Todos los estudiantes deben ajustar sus operaciones mentales, decisiones y estrategias de lectura al modelo de tarea inducido por la meta de la pregunta, por lo que es posible que la meta de la pregunta planteada por el profesor sea más importante que el conocimiento previo

del estudiante para explicar su procesamiento y su actividad inferencial. Examinar la naturaleza de esta actividad podría ayudarnos a entender el procesamiento y el aprendizaje alcanzado por el estudiante cuando se enfrenta a la pregunta con el texto disponible.

A continuación, describiremos el marco teórico que mejor representa la actividad de responder preguntas con el texto disponible, el procesamiento de esta actividad de aprendizaje y su repercusión en el aprendizaje final del estudiante. Para explicar el procesamiento del estudiante atenderemos a los procesos cognitivos inducidos por la actividad, el efecto del tipo de pregunta (i.e., pregunta de bajo nivel, pregunta de alto nivel), la distribución del tiempo en la realización de la tarea, así como el efecto del conocimiento previo en la actividad inferencial del estudiante. Por último, explicaremos el efecto del *timing* de la pregunta en la eficacia de esta actividad para el aprendizaje del estudiante.

3.2.1. *Marco teórico para la actividad de responder preguntas*

Tradicionalmente, responder preguntas a partir de la lectura de un texto tenía la finalidad de facilitar los procesos de comprensión del texto (e.g., Andre, 1979; Paris, Lipson y Wixson, 1983; Vidal-Abarca, Gilabert y Rouet, 1998; Vidal-Abarca, Megual, SanJosé y Rouet, 1996). Sin embargo, el área de psicología cognitiva tiene un interés creciente en examinar el efecto de responder preguntas sobre el aprendizaje en base a los procesos cognitivos y las decisiones inducidas por la tarea (e.g., Cerdán, Gil y Vidal-Abarca, 2011; Cerdán, Gilabert, et al., 2011; Cerdán et al., 2008; Vidal-Abarca et al., 2019).

Vidal-Abarca et al. (2010) señalaron que las decisiones del lector y los procesos metacognitivos son cruciales en la lectura orientada a responder preguntas. Para responder a una pregunta, el estudiante debe formar el modelo de tarea en función de la meta que esta plantea (Rouet, 2006; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). El modelo de tarea es la base para el

procesamiento selectivo y estratégico necesario para responder a una pregunta y, además, contribuye al aprendizaje de la información relevante para la consecución de la meta de la misma (McCrudden y Schraw, 2007; van den Broek, Tzeng, et al., 2001). Igualmente, responder preguntas conlleva un proceso de toma de decisiones en función del modelo de tarea, por ejemplo, releer o no información textual, discriminar la información relevante y evaluar el ajuste de la respuesta a la meta de la pregunta (Rouet, 2006; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). La investigación ha tratado de explicar el procesamiento inducido por responder preguntas con el texto disponible; de ahí, la existencia de diferentes modelos teóricos específicos para esta actividad, por ejemplo, el modelo QUEST (Graesser y Franklin, 1990), el modelo TSUNAMI (Robertson, 1994), el modelo ESP (Rouet y Tricot, 1998) y el modelo *Question-Answering for Learning* (Vidal-Abarca et al., 2019). La presente tesis se centra en este último modelo (a partir de ahora, QAL), ya que es uno de los modelos más completos para explicar el procesamiento inducido por esta actividad de aprendizaje. No obstante, como consecuencia de que no dispusimos de un corrector automático para evaluar las respuestas abiertas, a continuación, no se desarrollará el procesamiento de la retroalimentación (*feedback* en inglés) y las decisiones sobre la actualización de la respuesta que esta puede ocasionar.

El modelo QAL describe la secuencia de acciones y decisiones que el lector lleva a cabo durante el proceso de resolución de las preguntas (véase Figura 3). Este modelo teórico toma como referencia el modelo TRACE de Rouet (2006), el papel de instrucciones específicas de relevancia (McCrudden y Schraw, 2007) y múltiples investigaciones sobre el enfoque de la lectura orientada a responder preguntas (e.g., Cerdán et al., 2009; Gil, Martínez, et al., 2015; Vidal-Abarca et al., 2010). El primer paso del proceso es la formación del modelo de tarea de la pregunta a responder, es decir, el estudiante debe interpretar la meta de la pregunta y diseñar un plan de acción para su

consecución (paso 1a). Por ejemplo, si la pregunta es “¿*Qué da lugar a la presión atmosférica?*” (P1), el estudiante deberá interpretar que se le está preguntando la causa de la presión atmosférica. La formación de este modelo de tarea implica operaciones inherentes a la comprensión (e.g., formar proposiciones, realizar inferencias), además de procesos metacognitivos para la toma de decisiones relativas a la interacción entre el lector, el texto y la pregunta. Una vez el estudiante ha formado el modelo de tarea, este debe preguntarse si necesita o no buscar información en el texto (paso 1b). Si el estudiante considera que puede responder a la pregunta con la información disponible en sus recursos de memoria (e.g., representación mental inicial del texto, conocimiento previo activado), procederá a responderla sin consultar el texto (paso 1c); sin embargo, si considera que no puede responder a la pregunta solo a partir de estos recursos, el estudiante deberá releer o buscar en el texto la información relevante que le permita formar una respuesta ajustada a la meta de la pregunta (paso 2a). Este proceso de relectura o de búsqueda de información textual puede desencadenar diversos ciclos dependiendo de la evaluación de la relevancia de la información del texto (paso 2b), además de la respuesta del estudiante a la pregunta sobre la necesidad o no de buscar más información (paso 1b). Asimismo, tal y como señalaron Rouet et al. (2017), el modelo de tarea no es fijo sino dinámico, es decir, se puede modificar repetidamente a lo largo del proceso de búsqueda de información o incluso en el proceso de creación de la respuesta. Por lo tanto, es posible que los ciclos realizados entre 2b y 1b lleven al estudiante a actualizar o modificar el modelo de tarea inicialmente construido (pasos 2c y 1d). Respecto al modelo de respuesta, el estudiante también debe evaluar su adecuación a la meta de la pregunta, es decir, si la pregunta tiene como meta la causa de la presión atmosférica, la respuesta no debe ser la definición de la presión atmosférica sino la causa de este fenómeno. Estas evaluaciones pueden dar lugar a múltiples ciclos hasta que el modelo de respuesta se ajuste correctamente al modelo de tarea.

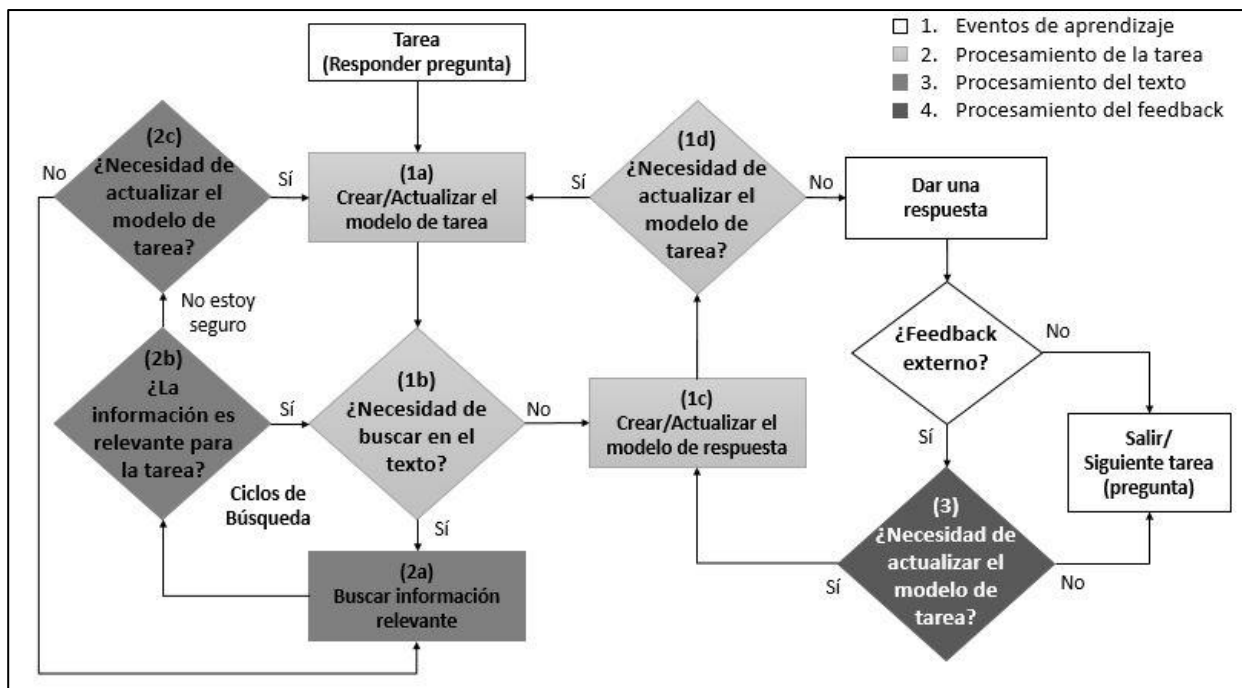


Figura 3. Pasos del modelo QAL. Traducido y adaptado de Vidal-Abarca et al., 2019, p. 104.

La actividad de responder preguntas con el texto disponible requiere la activación de procesos metacognitivos (i.e., monitorización, autorregulación) para formar el modelo de tarea, tomar la decisión de releer información textual y para el proceso de ajuste del modelo de respuesta al modelo de tarea. Desde que el lector se inicia en la construcción del modelo de tarea, este debe monitorizar su nivel de comprensión y, además, evaluar su capacidad para responder a la meta de la pregunta con la representación mental que tiene en ese momento o, en su defecto, tomar las decisiones le ayuden a responderla (i.e., autorregulación), por ejemplo, buscando información relevante en el texto. Tanto la monitorización como la autorregulación son componentes imprescindibles en el aprendizaje a partir de la actividad de responder preguntas (e.g., Cerdán et al., 2008; Gil, Vidal-Abarca y Martínez, 2015; Mañá, Vidal-Abarca, Domínguez, Gil y Cerdán, 2009; Mañá et al., 2017; Rouet y Coutelet, 2008; Vidal-Abarca et al., 2010). Una deficiente monitorización tiene consecuencias negativas en la búsqueda de información relevante en el texto

(e.g., Cataldo y Oakhill, 2000; Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2008; Goldman y Durán, 1988; Lazonder y Rouet, 2008; Raphael, Winograd y Pearson, 1980) y, también, en la autorregulación del proceso de comprensión y en el aprendizaje (e.g., Mañá et al., 2009; Metcalfe, 2002; Metcalfe y Finn, 2008; Thiede, Anderson y Therriault, 2003; Vidal-Abarca et al., 2010).

3.2.2. *Procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas*

La lectura orientada a responder preguntas enfatiza el *efecto de relevancia* descrito por McCrudden y Schraw (2007). Las preguntas pueden ser consideradas como instrucciones específicas de relevancia, las cuales ayudan a los lectores a generar metas de lectura y a distribuir los recursos cognitivos y el tiempo de la tarea de una manera más sistemática (McCrudden y Schraw, 2007; McCrudden et al., 2005). Nótese que la *relevancia* de la información no es lo mismo que la *importancia* de la información. McCrudden y Schraw (2007) describieron la *relevancia* como el grado en el que un segmento del texto es afín a la meta del lector y a la tarea de lectura, mientras que la *importancia* es el grado en el que un segmento contiene información esencial para la comprensión del texto como consecuencia de su estructura o por las múltiples conexiones que este presenta con otras ideas del texto. Por lo tanto, un segmento del texto puede ser importante, pero no relevante para responder a las preguntas (McCrudden y Schraw, 2007), aunque lo ideal sería que el profesor hiciera coincidir la meta de la pregunta (i.e., criterio de relevancia) con las ideas esenciales a aprender a partir del texto (i.e., criterio de importancia).

Responder preguntas requiere un comportamiento estratégico dirigido *por y hacia* la meta de la pregunta (Cerdán et al., 2008). No obstante, no todas las metas de las preguntas inducen los mismos procesos cognitivos en el estudiante. La investigación relativa a esta actividad de aprendizaje recoge diversas clasificaciones o tipologías de preguntas (e.g., Chi et al., 1994; Goldman y Duran, 1988; Ozuru, Best, Bell, Witherspoon y McNamara, 2007; Rouet et al., 2001).

Estas taxonomías tienen en común la diferenciación entre preguntas que requieren procesos cognitivos superficiales (e.g. repetición, paráfrasis) porque la respuesta está explícita en el texto, y preguntas que requieren procesos cognitivos de alto nivel (e.g., elaboraciones) porque la respuesta no está explícita en el texto. En la presente tesis se utilizará la clasificación de *preguntas de bajo nivel* y *preguntas de alto nivel*. Esta ha sido popularmente aceptada y utilizada en la investigación relativa a la lectura orientada a tareas y a la comprensión del discurso (e.g., Andre, 1979; Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2008; Cerdán y Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Halpain, Glover y Harvey, 1985; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019, 1996; Wilhite, 1985).

Las *preguntas de bajo nivel* son aquellas preguntas cuya respuesta se encuentra de forma explícita en uno o dos segmentos específicos del texto que están próximos entre sí. Este tipo de preguntas requiere atender a pocos segmentos del texto y entender el significado de los mismos. Un ejemplo de pregunta de bajo nivel es “¿*Qué da lugar a la presión atmosférica?*” (P1). Su respuesta se menciona explícitamente en la siguiente frase del texto: “*La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera*”. Para responder a esta pregunta el estudiante tiene que decidir si puede responder con sus conocimientos previos o su modelo mental inicial del texto, por ejemplo, en caso de haber realizado una primera lectura (Rouet y Vidal-Abarca, 2002). La decisión de responder sin releer el texto puede verse influida por su creencia de conocer la respuesta (Koriat y Levy-Sadot, 1999) o por su habilidad para recuperar la información relevante de la memoria (Rouet, 2006; Singer, 1990, 2003); sin embargo, si el estudiante toma consciencia de no conocer la respuesta, este deberá releer el texto. La relectura no será del texto en su totalidad, sino que el estudiante adoptará un comportamiento estratégico con

la finalidad de localizar y extraer el significado de la información relevante para la consecución del modelo de tarea (e.g., el peso del aire que hay por encima de un punto). Al estar la respuesta explícita en el texto, el patrón de búsqueda inducido por las preguntas de bajo nivel se basa en la localización-memorización de la información textual relevante (Rouet et al., 2001). Este patrón tiene una dificultad variable en función de la complejidad del texto (e.g., estructura, cantidad de información), el tipo de información a localizar (i.e., más concreta o más abstracta), la necesidad o no de generar inferencias para relacionar la información del texto con la pregunta (i.e., localizar segmentos específicos o integración de segmentos diferentes) y, también, la presencia de distractores (i.e., información que no es relevante pero comparte palabras u otras características con la demanda de la pregunta). Mosenthal (1996) concluyó que estas cuatro variables explicaban más de tres cuartas partes de la dificultad del proceso de búsqueda de información en el texto. Una vez recuperada información relevante a partir de los recursos de memoria o de la búsqueda en el texto, el estudiante repetirá o parafraseará pocas ideas simples, pudiendo realizar alguna inferencia mínima entre ideas textuales próximas entre sí (e.g., Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2009; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). Así, la respuesta del estudiante podría ser la siguiente: *“El peso de la columna de aire que existe sobre un punto”*.

Las *preguntas de alto nivel* son aquellas preguntas cuya respuesta no está explícita en el texto. Un ejemplo de pregunta de alto nivel es el siguiente: *“Si se replicara el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, ¿saldría más o menos mercurio del tubo hacia la cubeta? ¿Por qué?”* (P2). Para responder a esta pregunta se requiere un patrón de búsqueda basado en la revisión-integración de múltiples unidades textuales (Rouet et al., 2001), por ejemplo, el procedimiento del experimento de Torricelli, el motivo por el cual el mercurio del tubo deja de descender, la medida de la presión atmosférica a nivel del mar y la variación de la presión con la

altura. El estudiante debería crear múltiples conexiones entre estas ideas textuales, integrar esta información con el conocimiento previo relevante (e.g., características del Everest) y, también, debe hacer un esfuerzo consciente de aplicar todo este conocimiento a una nueva situación que no figura explícitamente en el texto (e.g. Everest). Por lo tanto, parafrasear la información textual sería insuficiente para responder a una pregunta de alto nivel (Cerdán, Gil, et al., 2011); necesariamente, el estudiante debe generar elaboraciones. Una elaboración hace referencia a la conexión de la nueva información con el conocimiento previo (McNamara y Magliano, 2009b), así como a todas aquellas inferencias complejas basadas en la interpretación del estudiante que añaden información que no está explícita en el texto, por ejemplo, relaciones no explícitas entre múltiples ideas, explicaciones causales o ejemplos propuestos por el estudiante (Ramos y Vidal-Abarca, 2013). A partir de esta estrategia de lectura, el estudiante podría llegar a una respuesta correcta y similar a la siguiente: *“Saldrá más mercurio del tubo porque la presión en el Everest es menor y, por tanto, se necesita menos cantidad para igualar el peso del mercurio con el peso de la columna de aire que hay en el Everest”*.

Un aspecto común para ambos tipos de pregunta es que requieren respuestas bien definidas. El proceso de respuesta se da por finalizado cuando el estudiante considera que esta se ajusta al modelo de tarea (Vidal-Abarca et al., 2019), lo cual nos lleva a pensar que las respuestas de los estudiantes a las preguntas tienden a ser similares, tanto en cuanto a las ideas del texto como en cuanto a las ideas inferenciales. Por ejemplo, para responder a la pregunta de bajo nivel (P1) es poco probable que el estudiante haga referencia a qué es la atmósfera (e.g., *“la atmósfera es la capa que separa la Tierra del vacío del Universo”*); por el contrario, las respuestas de los estudiantes tendrán en común la idea relativa al *“peso de la columna de aire”*. Igualmente, las respuestas de los estudiantes a la pregunta de alto nivel (P2) contendrían la inferencia relativa a

qué altura quedaría el mercurio en el Everest (e.g., mayor, menor o igual) y el porqué. Estas respuestas podrían ser correctas, pero también parciales o incluso incorrectas. Asimismo, los estudiantes podrían utilizar una o varias de las siguientes ideas del texto para explicar y justificar su respuesta, e.g. *“la presión atmosférica disminuye con la altura”*, *“el mercurio baja porque su presión es mayor que la presión de la columna de aire”*, y *“el mercurio del tubo deja de salir cuando la presión del mercurio es igual a la presión de la columna de aire”*.

La naturaleza de la actividad de responder preguntas con el texto disponible no solo se manifiesta en las respuestas y en las estrategias de lectura, sino también en el comportamiento del estudiante para resolver la tarea.

Salmerón et al. (2016) demostraron que los estudiantes suelen leer el texto antes de acceder a las preguntas. Esta lectura inicial suele ser superficial, especialmente si los estudiantes conocen que el texto va a estar disponible durante el proceso de respuesta (Ferrer, Vidal-Abarca, Serrano y Gilabert, 2017; Higgs, Magliano, Vidal-Abarca, Martínez y McNamara, 2017). La lectura inicial ofrece al estudiante una representación mental del texto para poder responder una pregunta sin necesidad de buscar información en el texto (Rouet, 2006). Igualmente, la representación mental resultante de la lectura inicial puede ayudar al estudiante en el proceso de toma de decisiones y orientar la relectura de información relevante (Cataldo y Oakhill, 2000; Cerdán et al., 2009). A partir de una muestra de estudiantes universitarios, Cerdán et al. (2009) examinaron el efecto del tipo de pregunta y de la lectura inicial del texto en el rendimiento, el recuerdo demorado, la comprensión profunda y los patrones de búsqueda de información en el texto. En términos generales, los resultados mostraron que la lectura inicial mejoró el recuerdo demorado y la comprensión profunda del texto. Este efecto positivo de la lectura inicial ha sido reportado en investigaciones posteriores (e.g., Gil, Martínez, et al., 2015; Salmerón et al., 2016); sin embargo,

cabe señalar que también existen evidencias empíricas contrarias a este efecto. Por ejemplo, otros estudios han señalado que la lectura inicial puede interferir en el aprendizaje, ya que los estudiantes interpretarían las preguntas en base a una representación mental vaga, incompleta y poco flexible (e.g., Robertson, Black y Lehnert, 1985; van Oostendorp y Goldman, 1999). Si bien el efecto de la lectura inicial no es una cuestión central en el presente trabajo, cabe tener en cuenta la controversia existente sobre el impacto de la lectura inicial para analizar en detalle el procesamiento del estudiante cuando responde preguntas con el texto disponible.

La actividad de responder preguntas está altamente definida por las preguntas planteadas por el profesor. Tras esta lectura inicial rápida y superficial, el estudiante tiende a centrarse en leer la pregunta y en responder en base a los recursos de memoria o buscando información en el texto (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). Por consiguiente, la actividad de responder preguntas con el texto disponible podría ser considerada como una situación de lectura dirigida a solucionar problemas, entendiendo como *problemas* las preguntas planteadas por el profesor (Britt, Rouet y Durik, 2018; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019).

Pedir a un estudiante que responda preguntas con el texto disponible supone orientar el procesamiento del estudiante hacia significados (i.e., conceptos, ideas) relevantes del texto a través de metas específicas (McCrudden y Schraw, 2007). Generalmente, cuando los estudiantes se enfrentan a una situación de lectura orientada a la tarea (e.g., responder preguntas) prestan más atención al criterio de relevancia que al criterio de importancia (McCrudden y Schraw, 2007). Este criterio de relevancia podría limitar el procesamiento del texto y guiar al estudiante a buscar, seleccionar y procesar segmentos específicos del texto que han pasado desapercibidos en la primera lectura, pero que son relevantes para resolver la pregunta (van den Broek, Tzeng, et al., 2001). Este tipo de procesamiento resultaría en una representación mental parcial y fragmentada

en lugar de favorecer la integración global del texto como un todo (Farr, Pritchard y Smitten, 1990; Rupp, Ferne y Choi, 2006). van den Broek, Tzeng, et al. (2001) demostraron que la actividad de responder preguntas, independientemente de que la pregunta sea planteada tras una lectura inicial o durante la lectura (i.e., preguntas insertadas), favorece el recuerdo y el aprendizaje de la información relacionada con la meta de la pregunta (*specific attention perspective* en inglés) en lugar de favorecer la construcción de una representación mental del texto en su conjunto (*general attention perspective* en inglés).

Las implicaciones de la especificidad del procesamiento de la actividad de responder preguntas deben tenerse en cuenta a la hora de plantear esta actividad de aprendizaje a los estudiantes, especialmente si ellos tienen un bajo conocimiento previo y su procesamiento se ve dirigido hacia procesos cognitivos para los que no está preparado, por ejemplo, cuando se le plantea preguntas cuyo modelo de tarea va más allá de la información textual (i.e., preguntas de alto nivel).

El nivel de conocimiento previo del lector es importante para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo a partir de textos científicos (Bohn-Gettler y Kendeou, 2014; Cromley et al., 2010; Mason, Tornatora y Pluchino, 2013; Ozuru, Dempsey y McNamara, 2009; Tarchi, 2010). Este factor intrapersonal puede ser más importante para responder preguntas de alto nivel en comparación con las preguntas de bajo nivel, debido a que el estudiante necesariamente debe generar elaboraciones (e.g., Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2009; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). Por ejemplo, para responder a P2 (i.e., “*Si se replicara el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, ¿saldría más o menos mercurio del tubo hacia la cubeta? ¿Por qué?*”) es más probable que el estudiante con alto conocimiento previo conecte las ideas relevantes del texto (e.g., experimento de Torricelli,

disminución de la presión con la altura), active el conocimiento previo relevante (e.g., características del Everest) y aplique la conjunción de este conocimiento a la nueva situación planteada por la pregunta. Sin embargo, los estudiantes con menos conocimiento previo podrían manifestar dificultades para identificar, seleccionar, extraer el significado, así como para manejar simultáneamente múltiples segmentos de información relevante durante la lectura o durante el proceso de búsqueda en el texto (Anderson, 1994; Anderson y Pearson, 1984).

Un bajo nivel de conocimientos previo y la dificultad para generar elaboraciones relevantes son las principales causas de los problemas de aprendizaje y comprensión lectora (Cain, Oakhill, Barnes y Bryant, 2001; Hirsch, 2003; Oakhill y Cain, 2007; Rouet y Vidal-Abarca, 2002) y, también, de las dificultades de los estudiantes para responder preguntas de alto nivel (Barnes, Dennis y Haefele-Kalvaitis, 1996). No obstante, la influencia del nivel conocimiento previo podría verse reducida por diversas variables, entre ellas, la disponibilidad del texto (e.g., Ozuru et al., 2007; Schaffner y Schiefele, 2013) y el efecto del tipo de pregunta (e.g., Vidal-Abarca et al., 1996).

La disponibilidad del texto en la actividad de responder preguntas puede reducir la importancia del conocimiento previo en el procesamiento y el aprendizaje del estudiante a partir del texto. Ozuru et al. (2007) realizaron dos experimentos para analizar cómo los estudiantes respondían preguntas abiertas y de elección múltiple en función de la disponibilidad o no del texto durante el proceso de respuesta (i.e., condición de texto disponible, condición de texto no disponible). Los resultados mostraron que tener un conocimiento previo alto fue crucial en el rendimiento del estudiante cuando el texto no estaba disponible, mientras que la correlación positiva entre el conocimiento previo y el rendimiento disminuyó en ambos formatos de pregunta (i.e., abiertas y elección múltiple) cuando el texto estaba disponible. Ozuru et al. (2007) concluyeron que ambas condiciones (i.e., condición de texto disponible, condición de texto no

disponible) medían diferentes procesos de comprensión. Cuando el estudiante no tiene el texto disponible, el rendimiento en las preguntas de comprensión está determinado por la representación mental del texto y por el nivel de conocimiento previo del lector sobre el tema del texto. Sin embargo, cuando el estudiante tiene el texto disponible durante el proceso de respuesta, su rendimiento y su nivel de comprensión está más influido por la habilidad de buscar, localizar y utilizar la información del texto que por el nivel de conocimiento previo del lector (Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017; Mosenthal, 1996; Ozuru et al., 2007).

Asimismo, la habilidad para utilizar la información textual junto con el procesamiento inducido por el tipo de pregunta, especialmente por las de alto nivel, podría ayudar al estudiante con bajo conocimiento previo a activar estrategias inferenciales. Vidal-Abarca et al. (1996) realizaron un experimento con estudiantes universitarios de alto y bajo conocimiento previo sobre el tema del texto (i.e., primeros modelos atómicos). La mitad de los estudiantes de cada grupo (i.e., alto conocimiento previo y bajo conocimiento previo) respondió preguntas de bajo nivel literales, mientras que la otra mitad de cada grupo respondió preguntas de alto nivel. La cantidad de preguntas de bajo nivel literales fue mayor que la cantidad de preguntas de alto nivel con objeto de cubrir la misma información relevante en todos los grupos experimentales. Los estudiantes primero leyeron el texto y, posteriormente, respondieron las preguntas. El texto no estuvo disponible durante el proceso de respuesta con la finalidad de acentuar el efecto del tipo de pregunta sobre el procesamiento y el aprendizaje del estudiante. Dos días después de la sesión de estudio, se evaluó la comprensión de los estudiantes a partir de la elaboración de un resumen del texto. Los resultados mostraron que los estudiantes con bajo conocimiento previo se beneficiaron más de las preguntas inferenciales en comparación con los estudiantes de alto conocimiento previo. Vidal-Abarca et al. (1996) relacionaron estos resultados con el efecto de complementariedad

defendido por McDaniel y Einstein (1989). Los estudiantes con bajo conocimiento previo procesaron frases aisladas a partir del texto, ya que este suele ser el procesamiento habitual inducido por los textos expositivos (Coté y Goldman, 1999; Coté et al., 1998), pero además llevaron a cabo un procesamiento relacional como consecuencia del efecto de las preguntas de alto nivel. Por el contrario, los estudiantes con alto conocimiento previo pueden llevar a cabo este procesamiento relacional por ellos mismos y sin necesidad de ser forzados a través de las preguntas de alto nivel (e.g., Vidal-Abarca et al., 1996; Vidal-Abarca, Rouet y Gilabert, 2005), por lo que este tipo de preguntas no complementó el procesamiento inducido por el tipo de texto. Por lo tanto, podemos concluir que los estudiantes con bajo conocimiento previo necesitan ser orientados por las preguntas de alto nivel para generar estrategias de lectura inferenciales (i.e., elaboraciones); de lo contrario, se limitarían al procesamiento de frases aisladas del texto (Vidal-Abarca et al., 1996, 2005). Así, las preguntas de alto nivel (e.g., P2) pueden llevar al estudiante a generar elaboraciones, aunque este tenga un conocimiento previo bajo; no obstante, tener un buen nivel de conocimiento previo podría ser importante en la precisión de esta estrategia, es decir, los estudiantes con alto conocimiento previo podrían generar elaboraciones correctas con mayor probabilidad que los estudiantes con bajo conocimiento previo. Esta cuestión será analizada en la presente tesis (véase *Chapter 2, Experiment 2; Chapter 3*).

3.2.3. *Eficacia de responder preguntas para el aprendizaje*

El aprendizaje en situaciones de lectura orientada a responder preguntas puede ser explicado en base a los procesos cognitivos y metacognitivos activados durante la tarea (Cerdán et al., 2008; Vidal-Abarca et al., 2019). El estudiante debe monitorizar y autorregular constantemente su procesamiento durante la ejecución de esta actividad, siendo flexible y ajustándolo al tipo de pregunta. Si la pregunta enfatiza los conceptos clave del contenido del texto,

esta guiará al estudiante a aprender la información importante del texto (e.g., McCrudden y Schraw, 2007; van den Broek, Tzeng, et al., 2001). El problema radica en que formular una buena pregunta no es sencillo (Graesser, Ozuru y Sullins, 2010). Para ello, los profesores deben realizar un análisis pormenorizado de la información del texto y establecer objetivos claros sobre la información que el estudiante debe aprender (i.e., criterio de importancia). Una vez el profesor determine qué significados (i.e., ideas, conceptos) son esenciales para el aprendizaje, debe diseñar preguntas garantizando que la información relevante para dar respuesta a la pregunta (i.e., criterio de relevancia) coincida con las ideas nucleares del texto (i.e., criterio de importancia). Posteriormente, el profesor debe evaluar qué procesos cognitivos activaría el estudiante para responder cada pregunta con la finalidad de fomentar, en la medida de lo posible, el procesamiento activo e inferencial.

La eficacia de la actividad de responder preguntas ha sido demostrada en múltiples investigaciones (e.g., Andre, 1979; Cerdán y Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Rickards, 1979; Rothkopf, 1982; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 1998, 2019, 1996, 2005). Rothkopf (1982) fue uno de los pioneros en confirmar el papel de las preguntas en la comprensión y el aprendizaje. Según Rothkopf (1982), las preguntas promueven una serie de actividades (*mathemagenic activities* en inglés) que centran la atención del estudiante en aspectos específicos del material escrito y en una serie de operaciones mentales (e.g., reflexión, integración) que, a su vez, promueven el aprendizaje a partir del texto. No obstante, no todas las preguntas inducen al estudiante a generar estrategias inferenciales y a integrar la información textual con el conocimiento previo (Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2009; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). Por lo tanto, analizar qué estrategias de lectura

inducen las preguntas es importante para conocer sus implicaciones en el aprendizaje del estudiante a partir de esta actividad.

El uso de la paráfrasis como principal estrategia de lectura para responder preguntas de comprensión refleja que el estudiante presenta una baja implicación en la comprensión del texto (Coté y Goldman, 1999), siendo probable la construcción de una representación de base-del-texto en lugar de un modelo situacional (Kintsch, 1988, 1998). Por lo tanto, los beneficios de responder preguntas de bajo nivel son menores en comparación con las preguntas de alto nivel. Esta mayor contribución de las preguntas de alto ha sido demostrada por numerosas investigaciones (e.g., Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán y Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Halpain et al., 1985; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019, 2005). No obstante, Agarwal (2019) recomienda utilizar ambos tipos de preguntas (i.e., alto nivel y bajo nivel) en situaciones de aprendizaje de conocimiento declarativo complejo para tener una visión completa de qué ha aprendido el estudiante a partir del texto. Las preguntas de alto nivel requieren más recursos atencionales y procesos cognitivos más complejos que las preguntas de bajo nivel (Cerdán et al., 2008; Halpain et al., 1985), lo cual puede favorecer el aprendizaje del estudiante; sin embargo, también tienen el inconveniente de que son más difíciles de responder y el rendimiento del estudiante suele ser bajo, lo cual no debe ser interpretado inequívocamente como sinónimo de aprendizaje precario (Bjork y Bjork, 2011).

El momento en el que se plantea una pregunta (*timing* en inglés) también puede modificar la interacción del lector con el texto y, por consiguiente, la eficacia de esta actividad en la promoción del aprendizaje (Schumacher, Moses y Young, 1983; van den Broek, Tzeng, et al., 2001). Entender cómo y bajo qué circunstancias las preguntas favorecen el aprendizaje es crucial para ayudar a los estudiantes a aprender conocimiento declarativo complejo; sin embargo, los

resultados relativos a la eficacia de responder preguntas durante la lectura (i.e., preguntas insertadas) y de responder preguntas después de leer el texto son dispares y poco concluyentes. Según Schumacher et al. (1983), las futuras investigaciones deben superar tres limitaciones presentes en la mayor parte de estudios relacionados con la actividad de preguntas insertadas: (a) la disponibilidad del texto, es decir, se debe permitir al estudiante tomar decisiones relativas a la relectura de información textual durante el proceso de respuesta a la pregunta; (b) investigar la eficacia de las preguntas en situaciones de aula ordinaria; y (c) registrar medidas online del procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas. La presente tesis intenta abordar estas limitaciones, especialmente la “a” y “c” (véase *Chapter 3*). Si bien intentamos evitar la limitación “b” incluyendo la participación en todas las sesiones como actividades de aprendizaje puntuables, entendemos que esta medida no es suficiente para considerar la investigación como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

A continuación, se explicará cómo la actividad de responder preguntas insertadas puede influir en el aprendizaje del estudiante en comparación con la actividad de responder preguntas tras la lectura del texto.

3.2.3.1. *Efectos del timing en el aprendizaje promovido por la actividad*

Las preguntas insertadas (*inserted questions* en inglés) son aquellas que se encuentran dentro del texto y que se responden durante la lectura del mismo (Dornisch, 2012). Este tipo de preguntas también se conocen con los términos *embedded questions* o *adjunct questions* (Dornisch, 2012; Nguyen y McDaniel, 2014). La investigación sobre el efecto de insertar actividades de aprendizaje para la adquisición de conocimiento declarativo es escasa (Lachner, Backfisch, Hoogerheide, Gog y Renkl, 2020). La mayor parte de estudios sobre preguntas insertadas se ha efectuado con textos narrativos (e.g. Peverly y Wood, 2001; van den Broek, Tzeng, et al., 2001),

siendo menos frecuente el uso de textos académicos (e.g., textos expositivos), los cuales componen los libros de texto de los estudiantes (e.g., Schumacher et al., 1983).

El impacto de las preguntas insertadas en el aprendizaje no está exento de controversia. Duchastel (1979) concluyó que plantear preguntas insertadas solo podía contribuir al aprendizaje si el texto no estaba disponible porque, de esta forma, el estudiante debía revisar su modelo mental en lugar de buscar segmentos específicos y aislados en el texto. En línea con este argumento, Dahlgren y Marton (1978) reportaron que las preguntas insertadas favorecían la comprensión local y superficial. Por el contrario, otras investigaciones han concluido que las preguntas insertadas contribuyen al aprendizaje del estudiante por el tipo de procesamiento secuencial y continuo (e.g., Carrier y Fautsch-Patridge, 1981; Kintsch, 1979; Schumacher et al., 1983; van den Broek, Tzeng, et al., 2001) y, también, porque favorecen una interacción más activa entre el lector y el texto (Schumacher et al., 1983). Por consiguiente, parece necesario analizar si las preguntas insertadas tienen un efecto positivo o negativo en el aprendizaje del estudiante a partir de textos expositivos.

Responder preguntas insertadas puede favorecer el recuerdo de la información textual por la breve demora entre la lectura del texto y la pregunta (e.g., Carrier y Fautsch-Patridge, 1981; Kintsch, 1979; Rickards y Di Vesta, 1974). Si el estudiante tiene el texto disponible en el proceso de respuesta, insertar las preguntas también podría favorecer el acceso y la localización de la información relevante, pues la búsqueda estaría acotada por la ubicación de las preguntas. Asimismo, las preguntas insertadas pueden centrar la atención del estudiante en la información relevante, de forma secuencial y continua, durante la lectura del texto (Goldman, Varma y Coté, 1996; McCrudden y Schraw, 2007; van den Broek, Tzeng, et al., 2001; van den Broek et al., 1999). Otro efecto positivo de esta actividad de aprendizaje es el patrón de atención cambiante del lector en función de los procesos de comprensión inducidos por cada segmento del texto (van den Broek,

Tzeng, et al., 2001; van den Broek et al., 1999). Este aspecto es importante a la hora de analizar las diferencias entre preguntas posteriores a la lectura y preguntas insertadas. La representación mental de los estudiantes que responden preguntas insertadas es más susceptible a cambios, correcciones y actualizaciones porque se va formando durante el procesamiento del texto; por el contrario, los estudiantes que responden preguntas tras leer el texto, comprenden la meta de la pregunta y revisan la información textual en base a su representación mental inicial (Robertson et al., 1985; van Oostendorp y Goldman, 1999). Esta representación puede ser superficial, incompleta o errónea como consecuencia de que la lectura inicial suele ser rápida, sobre todo si los estudiantes conocen que el texto estará disponible durante la realización de la tarea (Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017). Por último, cabe mencionar que las preguntas insertadas pueden favorecer la generación de inferencias entre las ideas del texto durante su lectura (Olson, Duffy y Mack, 1985; van den Broek, Tzeng, et al., 2001), ya que los estudiantes conocen que se les va a plantear una pregunta sobre la información que están leyendo en ese momento.

van den Broek, Tzeng, et al. (2001) analizaron si la eficacia de las preguntas podría variar en función del *timing*. Para ello, analizó el efecto de las preguntas insertadas y de las preguntas posteriores a la lectura a partir de textos narrativos cortos y con un grupo de estudiantes de diferentes edades o niveles educativos. Los estudiantes no tuvieron el texto disponible mientras respondían las preguntas porque el objetivo principal era analizar cómo el *timing* de las preguntas inferenciales podría influir en el recuerdo de la información textual. Los resultados mostraron que ambas actividades contribuyeron al recuerdo de la información relevante para la consecución de la meta de las preguntas, aunque con algunas diferencias en los procesos cognitivos y por grupos de edad. El procesamiento continuo y secuencial dirigido por las preguntas insertadas contribuyó a una mayor comprensión y aprendizaje en comparación con responder preguntas tras la lectura

del texto. Las preguntas insertadas favorecieron un mayor recuerdo de la información del texto porque dirigieron la atención del estudiante y sus procesos cognitivos hacia la integración y la realización de inferencias entre ideas relevantes durante el proceso de construcción de la representación mental del texto. No obstante, van den Broek, Tzeng, et al. (2001) también demostraron que la mayor eficacia de esta actividad solo se manifestó entre los estudiantes universitarios. Los estudiantes más jóvenes e inexpertos no se beneficiaron de las preguntas insertadas porque estas supusieron una carga de procesamiento que competía con los procesos básicos de lectura y comprensión (e.g., decodificación, extracción de significado). Este efecto negativo de las preguntas insertadas podría ser mayor en situaciones de comprensión demandantes como consecuencia de que la estructura, el vocabulario o el tema del texto sean poco familiares para el lector (van den Broek, Tzeng, et al., 2001).

Otras consideraciones que el profesor debe tener en cuenta a la hora de plantear preguntas insertadas es la ubicación de las mismas y cada cuánto plantearlas. Si la pregunta se ubica inmediatamente tras la lectura de la información relevante, esta fomentará la revisión de la información que se acaba de leer; sin embargo, si la pregunta es previa a la lectura de dicha información, esta actuará como una instrucción para discriminar, seleccionar y procesar la información relevante para responder a la meta de la pregunta (Hamaker, 1986; Rickards y Di Vesta, 1974; Rothkopf y Bisbicos, 1967). Las pre-preguntas insertadas son poco eficaces para el aprendizaje debido a que limitan el procesamiento a buscar la información para responder a la pregunta, mientras que las post-preguntas insertadas son más efectivas para el aprendizaje porque promueven la revisión de la información que se acaba de leer (Rickards y Di Vesta, 1974; Rothkopf y Bisbicos, 1967). Asimismo, se conoce que la eficacia de esta actividad de aprendizaje aumenta

cuanto más cerca se ubica la pregunta de la información relevante y, también, cuanta menos cantidad de información hay entre pregunta y pregunta (Dornisch, 2012).

4. EL PAPEL DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE PARA AYUDAR A LOS ESTUDIANTES A APRENDER CONOCIMIENTO DECLARATIVO COMPLEJO

Los profesionales del ámbito educativo tenemos un especial interés en conocer qué actividad de aprendizaje es más efectiva para ayudar al estudiante a superar sus dificultades de comprensión y favorecer su aprendizaje. Para ello, es conveniente ir más allá de las intuiciones sobre las prácticas educativas habituales y, en su lugar, valorar el procesamiento y las limitaciones inducidas por la naturaleza de cada actividad de aprendizaje con la finalidad de ofrecer al estudiante aquella que más se ajuste a sus necesidades o a sus dificultades de procesamiento (Bjork y Bjork, 2011).

A pesar de que la eficacia de la autoexplicación y de la actividad de responder preguntas ha sido ampliamente investigada de forma individual (e.g. Cerdán et al., 2009; Chi et al., 1994; Ozuru et al., 2010; Rothkopf, 1982; Vidal-Abarca, et al., 2019), no conocemos estudios que hayan analizado las diferencias en el procesamiento inducido por cada actividad de aprendizaje ni sus repercusiones en el aprendizaje final del estudiante. La principal novedad de este trabajo es la comparación de la actividad de autoexplicar frases del texto y de responder preguntas con el texto disponible; actividades de aprendizaje que están basadas en aproximaciones teóricas muy diferentes (i.e., modelos de comprensión, modelos de lectura orientada a tareas). Asimismo, la presente tesis presta atención al efecto del tipo de pregunta o del tipo frase a autoexplicar (*target sentences* en inglés) en las estrategias de lectura inducidas por cada actividad y, también, a la

influencia del conocimiento previo en ciencias en la generación de elaboraciones durante la fase de estudio del texto.

A lo largo de este capítulo introductorio hemos reflejado las dificultades que tienen los estudiantes para aprender conocimiento declarativo complejo a partir de textos, entre ellas, la integración de la nueva información con el conocimiento previo (i.e., elaboración). Posteriormente, hemos revisado las aproximaciones teóricas para comprender los procesos cognitivos y metacognitivos que los estudiantes ponen en marcha para formar una representación mental coherente del texto y, también, para utilizar la información textual con el fin de resolver tareas específicas. Esta breve revisión sirve de base para comprender el procesamiento de la autoexplicación y de la actividad de responder preguntas. Si bien la actividad de responder preguntas con el texto disponible requiere procesos de comprensión (e.g., inferencias entre ideas, integración de la nueva información con el conocimiento previo), su procesamiento está más relacionado con los modelos de lectura orientada a tareas porque enfatiza el uso de la información relevante del texto para dar respuesta a las preguntas (e.g., Gil, Martínez, et al., 2015; Vidal-Abarca et al., 2010; 2019). Por el contrario, la autoexplicación es una actividad que está mejor representada por los modelos de comprensión (e.g., Kintsch, 1988, 1998), ya que su principal objetivo es formar una representación mental coherente del texto durante la lectura (Chi, 2000; Chi et al., 1994; Fonseca y Chi, 2011). Posteriormente, hemos revisado el procesamiento más o menos definido por la naturaleza de cada actividad de aprendizaje, la influencia del tipo de pregunta (i.e., bajo nivel, alto nivel) y del tipo de frase a autoexplicar (i.e., frase-objetivo local, frase-objetivo global) en el procesamiento del estudiante, la importancia del conocimiento previo del lector en la generación de elaboraciones dependiendo de la actividad de aprendizaje y, por último, la eficacia de cada actividad para el aprendizaje final del estudiante.

4.1. Objetivos generales

La presente tesis consta de dos objetivos generales que están interrelacionados. El primer objetivo general es analizar el procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas con el texto disponible y por la autoexplicación de frases del texto durante su lectura. Para ello, hemos utilizado múltiples medidas de procesamiento online, algunas relativas a las respuestas y las estrategias de lectura activadas por los estudiantes (e.g., total de ideas, paráfrasis correctas e incorrectas, elaboraciones correctas e incorrectas), y otras relativas al comportamiento del estudiante en la tarea (e.g., tiempo respondiendo, tiempo releendo el texto). El segundo objetivo general es analizar la eficacia de ambas actividades para aprender conocimiento declarativo complejo a partir de textos expositivos de ciencias. Este objetivo debe entenderse como el producto o el resultado de las diferencias de procesamiento y su relación con el aprendizaje final del estudiante.

4.2. Objetivos específicos

Para dar respuesta a estos dos objetivos generales, hemos llevado a cabo tres estudios experimentales con características y objetivos específicos. Los tres estudios presentan un hilo conductor, ya que el diseño de cada uno de ellos está relacionado con los resultados del estudio previo. El estudio 1 puede considerarse como un estudio piloto y, por consiguiente, tiene un carácter más exploratorio en relación a las diferencias de procesamiento y la eficacia para el aprendizaje de la actividad de responder preguntas después de leer el texto y de autoexplicar frases del texto durante la lectura. Para poder comparar el procesamiento de ambas actividades, se cuidó al máximo el diseño de las preguntas y la selección de las frases a autoexplicar (*target sentences* en inglés), asegurándonos de que ambas tareas cubriesen la misma información del texto. A

continuación, se presentan brevemente los objetivos específicos y las modificaciones planteadas en cada uno de los estudios.

El estudio 1 (i.e., estudio piloto), además de los dos objetivos generales mencionados en la Sección 4.1, tiene el objetivo específico de analizar la variabilidad de las ideas textuales e inferenciales incluidas en las respuestas de los estudiantes dependiendo de la actividad de aprendizaje asignada. A partir de este análisis podríamos confirmar la importancia de las preguntas planteadas por el profesor para orientar y definir el procesamiento del estudiante en comparación con la autoexplicación. A pesar de que la frase-objetivo es seleccionada también por el profesor en base a los objetivos de aprendizaje y su importancia para la construcción de una representación mental coherente del texto, asumimos que el procesamiento de la autoexplicación está menos definido por la frase a autoexplicar. Para responder a estos objetivos, distribuimos a los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) entre las dos condiciones experimentales (i.e., responder preguntas tras la lectura con el texto disponible vs. autoexplicar frases del texto durante la lectura) garantizando que el nivel de conocimiento previo fuera similar en los dos grupos. Posteriormente, les pedimos que leyeran un texto de ciencias (e.g., *La presión atmosférica*) y que aprendieran el máximo posible de información a partir de las doce frases-objetivo (condición de autoexplicación) o de las doce preguntas abiertas (condición de responder preguntas).

El estudio 2 fue diseñado para replicar los resultados relativos a los objetivos generales (i.e., diferencias de procesamiento y eficacia para el aprendizaje), aunque con algunas modificaciones para solventar parte de las limitaciones del estudio 1. Los principales cambios son los siguientes: la introducción de otro texto de ciencias (i.e., “*La transmisión del calor*”); el establecimiento de tipos de frases a autoexplicar (frases-objetivo locales, frases-objetivo globales); y, también, un mayor rango de conocimiento previo en ciencias, ya que aproximadamente la mitad

de los estudiantes pertenecían a la rama de Ciencias. Los objetivos específicos de este estudio son: (a) analizar el efecto del tipo de pregunta y del tipo de frase en las estrategias de lectura utilizadas por los estudiantes, y (b) examinar la influencia del conocimiento previo en la generación de elaboraciones dependiendo de la actividad de aprendizaje planteada. El procedimiento de este estudio es similar al estudio piloto. Primero, evaluamos el conocimiento previo de los estudiantes de ESO para su distribución en las dos condiciones experimentales (i.e., responder preguntas tras la lectura con el texto disponible vs. autoexplicar frases del texto durante la lectura), asegurándonos de la ausencia de diferencias entre ambos grupos. Posteriormente, les pedimos que leyeran dos textos de ciencias (e.g., *La presión atmosférica*, *La transmisión del calor*) y que aprendieran el máximo posible de información a partir de las diez frases-objetivo (condición de autoexplicación) o de diez preguntas (condición de responder preguntas). Dos días después, evaluamos el aprendizaje de los estudiantes a través de diez preguntas paralelas, pero no idénticas, a las de la fase de estudio.

El estudio 3 introduce una serie de modificaciones respecto a los dos estudios anteriores. La modificación más importante es la introducción de una tercera condición experimental (i.e., responder preguntas insertadas). Las preguntas insertadas podrían facilitar algunos de los procesos cognitivos inherentes a la actividad de responder preguntas en comparación con el planteamiento de esta actividad de aprendizaje tras leer el texto. Igualmente, intentamos garantizar que todas las condiciones experimentales estuviesen expuestas a la misma información. Por ello, hemos introducido en el texto las situaciones hipotéticas de las preguntas de alto nivel (e.g., la situación de replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest), haciendo coincidir esta introducción de información con las frases-objetivo globales (e.g., *“Por este motivo, si intentáramos replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, en vez de al nivel del mar como el experimento*

original, variaría la cantidad de mercurio que saldría del tubo”). Estas situaciones hipotéticas no figuraban explícitamente en el texto de los estudios 1 y 2, por lo que los estudiantes que autoexplicaban frases del texto disponían de menos información en comparación con los estudiantes que respondían preguntas. El objetivo específico de este estudio es analizar el efecto de insertar las preguntas en el texto sobre el procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas y su eficacia para el aprendizaje. Asimismo, este estudio cuenta con dos objetivos secundarios relacionados con los objetivos específicos del estudio 2. El primer objetivo es analizar el efecto de insertar las preguntas en el texto sobre las estrategias de lectura inducidas por ambos tipos de preguntas (i.e., preguntas de bajo nivel y preguntas de alto nivel). El segundo objetivo es explorar el impacto de las preguntas insertadas sobre la precisión y la generación de elaboraciones, teniendo en cuenta el nivel de conocimiento previo de los estudiantes y el tipo de pregunta. Todos los objetivos han sido estudiados comparando la condición de preguntas insertadas con las actividades de aprendizaje analizadas en los dos estudios previos, lo cual hace posible la validación de las principales diferencias de procesamiento y de eficacia de la autoexplicación y de la actividad de responder preguntas tras la lectura del texto con estudiantes universitarios.

A continuación, se exponen los tres estudios aquí resumidos. Los estudios 1 y 2 se presentan en el mismo capítulo (véase *Chapter 2*) y se realizaron en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), mientras que el tercer estudio (véase *Chapter 3*) se realizó con estudiantes universitarios de primer curso. El motivo del cambio fue la mayor accesibilidad a los estudiantes universitarios, además de explorar la posibilidad de generalizar los resultados a otro nivel educativo. Tanto el capítulo 2 como el capítulo 3 han sido redactados en forma de artículo (i.e., introducción, método, resultados, discusión, bibliografía).

CHAPTER 2

STUDIES 1 AND 2: QUESTION-ANSWERING VERSUS SELF-EXPLANATION: EXAMINING THE STUDENTS' PROCESSING AND THEIR EFFECTIVENESS FOR LEARNING COMPLEX CONCEPTUAL KNOWLEDGE¹

¹ This chapter includes two experiments. A preliminary communication about the pilot study was published in the journal *Investigaciones sobre Lectura* with the following reference: Rubio, A. (2018). Técnicas de aprendizaje de conocimiento científico a partir de textos [Techniques for learning scientific knowledge from texts]. *Investigaciones Sobre Lectura*, 10, 1-29. doi:10.37132/isl.v0i10.255. The study presented here is an extensive and revised version of such participation in the IV CIVEL Congress.

ABSTRACT

We present two experiments to examine how secondary school students process text information to understand complex conceptual knowledge under two different learning activities, i.e., to answer questions with text available and to self-explain target sentences covering the same information as question-answering. We recorded online information to understand the students' processing and the reading strategies students activate while performing the learning activity. Students' final learning was assessed with a delayed posttest. The main goal of Experiment 1 is to analyze the processing differences between learning activities and the relative effectiveness for learning, whereas Experiment 2 was designed to replicate and to expand the results of Experiment 1. The results showed that question-answering induced more elaborations and fewer paraphrases than self-explanation activity. Both correct and incorrect paraphrases were higher in self-explanation, while only incorrect elaborations were higher in question-answering. No difference was found between learning activities in correct elaborations. The influence of question type and the students' prior knowledge on reading strategies may explain these findings. Moreover, students' responses and task behavior showed that question-answering required more time reading the statement and rereading the text, but students' responses included fewer ideas and their variability was lower than in self-explanation. In contrast, self-explanation induced more time responding because students included many and more diverse ideas. Despite these differences in processing between question-answering and self-explanation, both experiments indicated that both learning activities are equally effective for learning. These findings have important educational implications for designing and proposing learning activities for helping the students' learning.

Keywords: question-answering, self-explanation, reading strategies, reading behavior, prior knowledge.

1. INTRODUCTION

Learning complex conceptual knowledge by reading expository texts (e.g., science texts) is difficult because it requires deep comprehension, which means understanding text ideas, as well as making inferences and integrating text ideas into prior knowledge (Kintsch, 1998; McNamara & Magliano, 2009b). However, elaborations are unlikely in expository texts because students usually process the text sentence by sentence, which makes it difficult to allocate cognitive resources to inferential operations (Coté, Goldman, & Saul, 1998). To help students learn, teachers can present them different learning activities, such as answering questions or self-explaining important sentences in the text. The effectiveness of both activities for learning has been shown (e.g., Cerdán, Vidal-Abarca, Martínez, Gilabert, & Gil, 2009; Chi, De Leeuw, Chiu, & Lavancher, 1994; Ozuru, Briner, Best, & McNamara, 2010; Rothkopf, 1982; Vidal-Abarca, Martínez, Gil, García, & Máñez, 2019), but as far as we know no study has compared the effectiveness of these two activities, nor the processes underlying both of them. We suspect that both learning activities encourage different cognitive processes, which may impact the final learning.

Question-answering is a learning activity in which teachers play a crucial role. They are responsible for designing good questions to help students to deeply understand and learn the text ideas. Questions can be envisaged as specific relevance instructions to guide the students' processing towards specific text information and their activation of the relevant prior knowledge. Question-answering (QA) is inspired by task-oriented reading models, e.g., goal-focusing (McCrudden & Schraw, 2007), TRACE (Rouet, 2006) or RESOLV (Rouet, Britt, & Durik, 2017). The effectiveness of QA is highly dependent on the type of question (Cerdán et al., 2009). In contrast, self-explanation (SE) is a constructive activity that requires the student to construct explanations *by* and *for* oneself in a continuous, ongoing, and piecemeal way (Chi, 2000).

Therefore, although teachers may determine the text sentences to be self-explained, the content of students' self-explanations ranges widely (Bisra, Liu, Nesbit, Salimi, & Winne, 2018; Chi, 2000; Roy & Chi, 2005; Siegler, 2002). Comprehension models (e.g. Kintsch, 1998; van den Broek, Young, Tzeng, & Linderholm, 1999) provide an appropriate theoretical framework to explain the effectiveness of SE, as it aims to make sense of the new information and construct an appropriate mental representation during reading (Chi, 2000; Chi et al., 1994; McNamara, 2004; Ozuru et al., 2010). The effectiveness of this activity has also been shown for learning science texts without extensive and specific training on how to self-explain (e.g., Chi et al., 1994; Ozuru et al., 2010).

In this chapter, we present two experiments conducted to examine in detail the processing induced by QA and SE. We assume that QA would induce a sort of processing closely-defined by the nature of the questions. Whereas low-level questions would mainly induce students to paraphrase text information, high-level questions may induce students to elaborate on text information (Cerdán, Gil, & Vidal-Abarca, 2011; Cerdán et al., 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet, Vidal-Abarca, Erbou, & Millogo, 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). However, we suspect that SE would induce more loosely-defined processing because instructions to self-explain are more general (i.e., construct a coherent mental representation of the text). Consequently, the content of self-explanations would be highly variable, and the generation of elaborations would depend heavily on the student's prior knowledge. To examine these issues, secondary school students were randomly distributed in one of these two learning activities. The students of the QA condition first read the text and then answered the questions, while the students of the SE condition explained some text sentences while reading. The main goal of Experiment 1 was to analyze the processing differences between QA and SE and the relative effectiveness for learning complex

conceptual knowledge, whereas Experiment 2 was designed to validate and to expand on the findings of Experiment 1 by overcoming its limitations.

1.1. Processing induced by question-answering activity

QA after reading with an available text is a frequent learning activity in classrooms (Ness, 2011; Sánchez & García, 2015; Sánchez, García, & Rosales, 2010). This learning activity is externally directed by the questions designed by the instructor (e.g., a teacher). McCrudden and Schraw (2007) explained that questions are specific relevance instructions that help students generate defined reading goals, as well as access, locate and retrieve relevant resources in a systematic and strategic way. The main potential of this learning activity is that it fosters the students' learning of relevant information related to the question (McCrudden & Schraw, 2007; van den Broek, Tzeng, Risdén, Trabasso, & Basche, 2001). However, the effectiveness of QA activity may vary depending on the type of question (Cerdán & Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca, Rouet, & Gilabert, 2005).

Several task-oriented reading models have described the set of cognitive and metacognitive processes included in the processing of QA activity (e.g., goal-focusing, TRACE, RESOLV). The model of *Question-Answering for Learning* (QAL) of Vidal-Abarca et al. (2019) is a specific model based on this learning activity. While reading a question (e.g., “*What causes atmospheric pressure?*”, Q1), students construct a task model, which consists of understanding the question goal (e.g., the cause of atmospheric pressure) and generating an action plan for achieving that goal (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). The task model guides processes and decisions to provide an answer congruent with the question (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). When constructing their answer, students may search for relevant information in the available resources (i.e., text, memory), and then evaluate the adjustment of their response to the question

goal (Vidal-Abarca, Mañá, & Gil, 2010; Vidal-Abarca et al., 2019). According to this model, this processing is recursively applied to the rest of the questions. Please note that processing is highly dependent on the type of question students have to respond.

Several question taxonomies have been proposed (e.g., Chi et al., 1994; Goldman & Duran, 1988; Ozuru, Best, Bell, Witherspoon, & McNamara, 2007; Rouet et al., 2001). All of them distinguish between questions that focus students' attention on explicit text information (i.e., low-level questions), and those that orient the students' processing to making inferences that go beyond the explicit information in the text (i.e., high-level questions). An example of low-level question might be the following, "*What causes atmospheric pressure?*" (Q1)². To answer this type of question, students should have understood one or two consecutive ideas from the text. If they needed to reread the text, they would locate the relevant sentence (e.g., cause of atmospheric pressure) and paraphrase few ideas (Rouet et al., 2001). Elaborations are unlikely while answering low-level questions. An example of high-level questions might be this one: "*If you replicated Torricelli's experiment at the top of Everest, instead of at sea level, as Torricelli did, how much mercury would come out of the tube and into the bucket? Why?*" (Q2). This question requires the integration of distant textual ideas (e.g., conclusion of Torricelli's experiment at the sea level, variation of pressure with height), the activation of the relevant prior knowledge, and the application to hypothetical situations that are different from those stated in the text, all of which involves the construction of new knowledge. This type of question may induce a revision-integration pattern if the student needed to reread the text (Rouet et al., 2001). Therefore, it is very likely that the student generates elaborations because paraphrasing is insufficient to answer a high-level question (Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-

² The examples Q1 and Q2 in this section belong to Experiment 2.

Abarca et al., 2019). Since the influence of the type of question on reading strategies and comprehension processes, some studies have concluded that high-level questions have some benefits for learning over low-level questions (e.g., Cerdán et al., 2009; Rouet et al., 2001), although it may be advisable asking both types of questions for learning complex conceptual knowledge (Agarwal, 2019).

What is common to both types of questions is that they require well-defined responses. Then, we can assume that QA is a closely-defined learning activity and that there would not be much variability of ideas among the students' responses, although there will be correct, partially correct and incorrect responses. As teachers or instructors develop the questions, they play a key role in orienting the processing and learning of the student in a QA situation. The challenge lies in designing good questions for learning, which is not easy (Graesser, Ozuru, & Sullins, 2010). They must analyze the text information, select what information the student should learn, design the question ensuring that the criterion of relevance (i.e., information related to the objective of the reading task) matches the criterion of importance (i.e., ideas with multiple connections) described by McCrudden and Schraw (2007), and evaluate the reading strategies required to answer the question (i.e., paraphrases, elaborations). The teacher must carry out all these processes for designing good questions. Please note that we exclude literal questions about very specific details explicit in the text from this taxonomy as we focus on complex conceptual knowledge.

The nature of the QA activity may influence the students' reading behavior. When students answer questions with the text available, the initial reading is usually quick and superficial (Ferrer, Vidal-Abarca, Serrano, & Gilabert, 2017; Higgs, Magliano, Vidal-Abarca, Martínez, & McNamara, 2017), and then students try to respond the questions either from memory or by rereading the text. Hence, QA activity can be envisaged as a problem-solving situation (Britt,

Rouet, & Durik, 2018; Rouet et al., 2017), which may have some negative effects on students' learning. QA may induce a piecemeal representation of the text rather than understanding the text as a whole (Farr, Pritchard, & Smitten, 1990; Rupp, Ferne, & Choi, 2006). Since the first reading is superficial, students may have difficulties retrieving relevant text information, so that students may tend to focus on searching specific segments to answer the questions. Consequently, students may spend a lot of time rereading, but little time responding because their responses may be constrained by the adjustment to the question goals (Vidal-Abarca et al., 2019).

1.2. Processing induced by self-explanation activity

Self-explaining text sentences is a constructive learning activity that students may perform spontaneously or at the request of the instructor in order to understand the new information (Fonseca & Chi, 2011). Its effectiveness for learning has been proved in various educational levels, subjects and instructional formats (Bisra et al., 2018). Two potential benefits of SE as a learning activity have been pointed out: first, it may help students identify and fill in the omissions of information in the text and gaps in their understanding; second, it may help students revise their mental representation and repair the conceptual errors (Chi, 2000; Roy & Chi, 2005).

SE activity contributes to comprehension because it encourages the active construction of text mental representation and monitoring of comprehension level during reading (Ozuru et al., 2010). Thus, students must be actively engaged in the process of understanding the new information (Chi, 2008). The final mental representation will depend on the cognitive operations carried out by the student (McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009a). Comprehension models described these operations (e.g., understanding ideas, making inferences, activating prior knowledge), such as the *Construction-Integration* model (Kintsch, 1988, 1998), which is widely used for SE research (e.g., McNamara, 2004, 2017; McNamara, Levinstein, & Boonthum, 2004).

When students' self-explanations are elicited, the most common way is to ask the student to self-explain specific sentences rather than the whole text (e.g., McNamara, 2004; McNamara et al., 2004). Regarding the analysis of SE protocols, several studies excluded paraphrases as real self-explanations because this reading strategy does not involve the construction of new knowledge (Chi, 2000; Chi et al. 1994). However, McNamara (2004) conclude that paraphrases are necessary for text-based comprehension, and students often paraphrase text ideas before elaborating the text (McNamara & Magliano, 2009a). McNamara (2004) showed that correct and incorrect paraphrases correlated positively and negatively with learning, respectively. Interestingly, both correct and incorrect elaborations correlated positively with learning (Chi et al., 1994; McNamara, 2004). Chi et al. (1994) explained that students who make an incorrect elaboration continue to read correct information from the text, so they have multiple opportunities to notice the conceptual error and repair it. As far as we know, no one has distinguished among types of target sentences to be self-explained, but maybe the students activate different reading strategies to self-explain text sentences like S1 (e.g., "*Atmospheric pressure is the force exerted, at a particular point, by the weight of the column of air extending above that point, to the upper limit of the atmosphere*") and S2 (e.g. "*Thus, the normal pressure at sea level is 1atm, while the normal pressure at the top of Everest is only 0.33atm; therefore, as the altitude increases, the atmospheric pressure decreases*")³. We call sentences like S1 as *local* target sentences, but *global* to those like S2. *Local target sentences* refer to specific ideas (e.g., definitions), which may lead the student to paraphrase text ideas from the target sentence and previous segments rather than to generate elaborations. *Global target sentences* refer to segments that pose omissions of text information and multiple relationships with previous ideas, which may induce the student to

³ The examples S1 and S2 in this section belong to Experiment 2.

generate elaborations by establishing causal relationships not explicit in the text or by introducing information from prior knowledge (e.g., to explain the Torricelli's experiment on Everest). Therefore, correct and incorrect elaborations may be more likely in this type of sentence than in the local ones.

Processes to self-explain target sentences are guided by the student's mental model, so students' responses may range widely (Bisra, et al. 2018; Chi, 2000; Roy & Chi, 2005; Siegler, 2002). For example, to self-explain S1, some students may just paraphrase the meaning of the target sentence (McNamara & Magliano, 2009a), whereas others may expand on their responses by including ideas from other text sentences or other ideas from their prior knowledge (Chi et al., 1994). Therefore, we can assume that SE is a loosely-defined activity because the instruction to self-explain a target sentence does not clearly direct the students' responses. The role of teachers is limited to decide which sentences should be self-explained according to the structure of text ideas and their importance for understanding the text.

SE activity is also a time-consuming learning activity (e.g., Chi et al., 1994; Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan, & Willingham, 2013). Unfortunately, very few studies comparing SE to other learning activities report the distribution of time throughout the task (Bisra et al., 2018). If students carefully process and include many text ideas in their responses, it may involve quite a lot of time reading the text and responding. It is unlikely that students spend a lot of time rereading the text, as they are asked to self-explain the sentences they are reading. The literature states that the longer task time may contribute to learning (Fisher & Berliner, 1985; Gettinger & Ball, 2007). However, Schworm and Renkl (2006) found no correlation between the task time induced by SE activity and the performance in the posttest based on worked-out examples. Therefore, the distribution of time under SE instructions is an open issue.

1.3. Role of prior knowledge on reading strategies while QA and SE

The students' prior knowledge is one of the most relevant intrapersonal factors that may influence learning complex conceptual knowledge from science text (e.g., Bohn-Gettler & Kendeou, 2014; Cromley, Snyder-Hogan, & Luciw-Dubas, 2010). Prior knowledge provides students with the background to construct a coherent mental representation (e.g., Chiesi, Spilich, & Voss, 1979; Kintsch, 1988; Shapiro, 2004; Snow, Burns, & Griffin, 1998). However, the influence of prior knowledge may be different depending on the learning activity presented to students.

For QA, we may assume that the student's prior knowledge is more important for high-level questions (Q2) than for low-level questions (Q1) because of the need to make elaborations for those questions. Further, imagine that students have to answer the Q2 previously mentioned. High-knowledge students are likely to select and understand the distant text segments relevant for the question (e.g., the conclusion from Torricelli's experiment, the variation of atmospheric pressure with altitude), as well as to activate their relevant prior knowledge (e.g., Everest features) and to integrate the new information with it, and correctly apply all text information (e.g., Torricelli's experiment) to a situation not explicitly stated in the text (e.g., the Torricelli's experiment on top of the Everest). Therefore, high-knowledge students would likely elaborate on text information to provide the correct answer (e.g., *“More mercury will come out of the tube because there is less pressure in the mountain. Therefore, less mercury is needed to balance the atmospheric pressure on the mercury in the bucket”*). Low-knowledge readers may have difficulties in identifying, selecting and extracting the meaning of the distant text segments at the same time during the reading and searching for information in the text (Anderson, 1994; Anderson & Pearson, 1984). However, text availability might decrease the importance of the students' prior

knowledge for learning on QA activity as reading skills may partially compensate for the lack of prior knowledge (Ozuru et al., 2007). Thus, a reader with good abilities to locate, select and use the text information may activate reasoning processes and inferences based on text information (e.g., Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017; McNamara, O'Reilly, Best, & Ozuru, 2006; Mosenthal, 1996; Ozuru et al., 2007).

The role of the students' prior knowledge may be very different for the SE activity. Imagine that readers have to self-explain the target sentence S2. The activation of relevant prior knowledge may be extremely useful to construct a coherent mental representation while reading, since it will facilitate the comprehension of text ideas, the generation of inferences, the formation of more integrated macroideas, avoiding the overload of working memory (Kintsch, 1988, 1998). The generation of elaborations depends on students' prior knowledge (McNamara, 2004). Hence, high-knowledge students are more likely to generate elaborations to connect distant ideas, to fill in omissions of text information while reading, and to repair conceptual errors, but low-knowledge students are likely to focus on understanding and paraphrasing individual sentences rather than generating elaborations to compensate for their conceptual gaps in knowledge (McNamara, 2001, 2004; McNamara & Kintsch, 1996; McNamara & Magliano, 2009a). It is usually necessary to train low-knowledge students in reading strategies so that they actively use them to enhance their understanding (e.g., McNamara, 2004; McNamara et al., 2004).

1.4. The current study

The two experiments share two main goals. The first goal is to analyze the processing differences between QA and SE. For this goal, we compare the students' reading strategies under the two learning activities, as well as other online indices of processing associated with the distribution of time on task, which are important innovations of this investigation. The second goal

is to examine the relative effectiveness of QA and SE for learning complex conceptual knowledge from the text. Additionally, each experiment addressed specific objectives. For Experiment 1, which can be considered a pilot study, the specific objective is to analyze the variability in the use of text information and inferences in the students' responses depending on the learning activity. Experiment 2 was designed with two specific objectives in mind: first, to explore the reading strategies used by students depending on the type of question to be answered (i.e., low-level, high-level) and the type of target sentence to be self-explained (i.e., local, global); and second, to examine the influence of the students' prior knowledge in the generation of elaborations while QA and SE.

2. EXPERIMENT 1

After assessing students' prior knowledge, 9th graders studied a science text and they either answered twelve open-ended questions or self-explained twelve text sentences. Both experimental conditions were performed in a web-based software, so online processing measures were recorded (e.g., rereading time, responding time). One day after the study phase, the students' final learning was assessed with a posttest of short-answer questions.

We assumed that there would be differences in processing between QA and SE. Thus, we hypothesized that there would be an interaction effect between type of reading strategy (i.e., elaborations, paraphrases) and learning activity students were presented (Hypothesis 1). Specifically, we predicted that QA would induce more elaborations and fewer paraphrases than SE. No specific predictions were formulated for the accuracy of every reading strategy due to the exploratory nature of this experiment. Secondly, we hypothesized that there would be differences in the students' responses and task behavior between QA and SE (Hypothesis 2). Since the QA can be considered as a sort of reading situation for problem-solving (Britt et al., 2018; Rouet et al.,

2017), students would spend most of their time reading the questions and rereading text information relevant to answer the questions. However, SE instructions would focus students on constructing a coherent mental representation of the text, so students would spend a greater amount of time reading the text and self-explaining the target sentences. To address the specific objective of this pilot experiment, we hypothesized that the students' responses while QA would include a limited number of different ideas (i.e., those relevant to answering the questions), whereas the range of ideas included by SE students in their responses would be significantly higher as SE instructions do not closely constrain the students' responses (Hypothesis 3). Finally, as QA might induce more elaborations, especially when responding to high-level questions, we hypothesized that QA would be more effective for learning than SE (Hypothesis 4).

2.1. Method

2.1.1. Participants

Participants were ninety-one 9th graders from two different public high schools in Valencia (Spain). We excluded fourteen students because of missing sessions. The final sample included seventy-seven participants. The mean student age was 14.57 ($SD = 0.66$) and 49.4% of the group were female. All participants were native Spanish speakers and studied Science according to the Spanish curriculum. Participation was approved by the school board. The treatment of students' data followed the guidelines of the Declaration of Helsinki, and anonymity was guaranteed following Data Protection Law.

The experiment used a between-subjects design. After assessing students' prior knowledge, participants were randomly assigned to one of two experimental conditions (QA, SE). There were 35 students in QA condition and 42 students in SE condition. No difference in prior knowledge

between the QA group ($M = 14.03$; $SD = 4.98$) and the SE group ($M = 13.48$; $SD = 6.69$) was apparent, $t(75) = 0.40$, $p = .688$, $d = 0.09$.

2.1.2. Materials

Materials included test on prior knowledge, specific material for the study phase, and a final learning posttest.

The *prior knowledge test* included 30-item about science with three choices (i.e., True/False/I don't know). It included general science knowledge items (e.g., “*Density is the relationship between mass and volume*”) and items related to the topic of the text, i.e., *Atmospheric Pressure* (e.g., “*A particle of gas always weighs the same regardless of its temperature*”), but these items did not overlap with the text information. This test was used in previous studies (e.g., Máñez, 2019). Each correct answer was scored with 1 point and each incorrect answer with zero. “I don't know” were treated separately and did not count. Thus, the score was computed students' correct answers minus the errors. The maximum score was 30. Cronbach's alpha showed acceptable reliability, $\alpha = .74$ (Griethuijsen et al., 2014).

For the *learning activities* (QA and SE), we used a science text with twelve open-ended questions (for QA condition) and twelve target sentences to be self-explained (for SE condition). The text consisted of 1126 words. The Flesch-Szigriszt index of text legibility, was 68.64, indicating that the text was “fairly easy” to read according to the INFLESZ Scale (Barrio-Cantalejo et al., 2008). We developed six low-level and six high-level open-ended questions and selected twelve target-sentences to be self-explained, which were presented in bold type within the text. To determine the target sentences to be self-explained, we conducted a previous study with freshmen from the Faculty of Teacher Training at the University of Valencia (Spain). They were asked to highlight the relevant information in the text to answer each question. The sentences to be self-

explained corresponding to those segments were set according to the qualitative analysis among experts. In addition, each target sentence was matched with a specific question. Both questions and target sentences represented the key content of the text (e.g., phenomena definitions, atmospheric pressure variations) and they covered the same text information. For instance, this low-level question “*What causes atmospheric pressure?*” (Q1) was matched with this target sentence “*Atmospheric pressure is the force exerted, at a particular point, by the weight of the column of air extending above that point, to the upper limit of the atmosphere*” (S1). For answering this high-level question “*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?*” (Q2), we considered that it was necessary to connect previous information about Torricelli’s experiment and the following target sentence about the relationship between pressure and height: “*As the pressure depends on the weight of the air above us, the pressure decreases as we ascend*” (S2). The following generic statement introduced each self-explanation task: “*Self-explain the fragment in bold type. You can use all the information that you consider necessary*”.

The *final learning posttest* included twenty short-answer questions to be responded with the text unavailable. Whereas half of these questions were low-level and required retrieving specific text ideas, the other half required the students’ inferential activity (i.e., high-level questions). Some of these questions were similar to those in the study phase (e.g., “*What is the atmospheric pressure?*”, which is similar to Q1 and matched S1), while others asked for ideas that had been indirectly studied from the learning activity (e.g. “*What factors cause changes in atmospheric pressure?*”). Cronbach’s alpha showed acceptable reliability, $\alpha = .73$ (Griethuijzen et al., 2014).

2.1.3. Apparatus

Both learning activities (QA, SE) were performed on a computer using the software Read&Learn, which is based on another software called Read&Answer (Vidal-Abarca et al., 2011), although it included more possibilities for designing experiments and recording online processing indices. For SE condition, students completed the task on a single screen as target sentences to be self-explained were inserted into the text (Figure 1); while for QA condition, text and questions were displayed on different screens (Figure 2). Despite these differences in the software interface, both learning activities had common features. Text, questions and target sentences were displayed using a masking procedure. To read masked segments, students had to click on each one. Once participants unmasked a piece of information, the other segments remained masked until students clicked on them. The masking procedure allowed us to record the students' actions, which were then transformed into online processing variables (i.e., time indices). Questions and target sentences had to be responded in a fixed order, i.e., students could not access a question or target sentence without responding to the previous one. In both conditions, students could reread or search text information at any time.

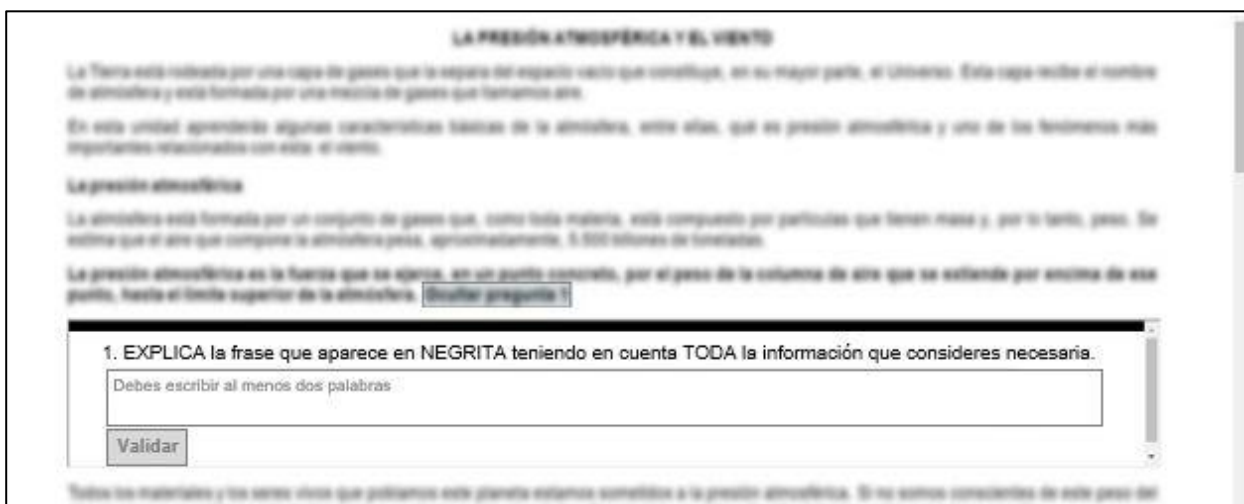


Figure 1. Screenshot of the SE condition: masked text and pop-up to self-explain on the same screen.

(2a)

Preguntas

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y EL VIENTO

La Tierra está rodeada por una capa de gases que la separa del espacio vacío que constituye, en su mayor parte, el Universo. Esta capa recibe el nombre de atmósfera y está formada por una mezcla de gases que llamamos aire.

En esta unidad aprenderás algunas características básicas de la atmósfera, entre ellas, qué es presión atmosférica y uno de los fenómenos más importantes relacionados con esta: el viento.

La presión atmosférica

La atmósfera está formada por un conjunto de gases que, como toda materia, está compuesto por partículas que tienen masa y, por lo tanto, peso. Se estima que el aire que compone la atmósfera pesa, aproximadamente, 5.000 millones de toneladas.

La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera.

Todos los materiales y los seres vivos que habitamos este planeta estamos sometidos a la presión atmosférica. Si no somos conscientes de este peso del aire es porque ya estamos adaptados porque se ejerce por igual en todas direcciones y nuestros líquidos internos están a la misma presión.

(2b)

1. ¿Qué da lugar a la presión atmosférica?

Debes escribir al menos dos palabras

Figure 2. Screenshots of the QA condition: (2a) the text screen with a text segment unmasked; (2b) the question screen with the statement unmasked.

2.1.4. Procedure

The experiment was conducted in three different sessions. In the first session, students completed the prior knowledge test in a paper-and-pencil format. They were informed that participation in the experimental sessions was voluntary and had no effect on their grades. In the second session (i.e., study phase), participants studied the text and completed one of the two learning activities (QA, SE) through Read&Learn. Before starting the assigned task, students were instructed on how to perform each learning activity and how to use Read&Learn (e.g., how to unmask the text, how to reread the text). Participants were also informed that they would be evaluated the next day with a final learning test. Next, each participant performed the

corresponding learning activity (QA, SE). Students in the QA condition were instructed to first read the text and then to answer the questions with the text available. Students in the SE condition were asked to self-explain the sentences in bold type while reading. The third session took place 24 hours afterwards; students completed the final learning test in a paper-and-pencil format (i.e., learning assessment phase).

2.1.5. Measures

The measures used in this experiment are divided into two categories: *processing measures* and *final learning measures*. While *processing measures* were extracted from the study phase (i.e., reading strategies, total number of ideas, variability of ideas in responses, time indices), *final learning measures* refer to the delayed assessment of learning on the posttest. All measures were collected *for each student*, except those related to the variability of responses, which were obtained *for each question or target sentence*.

Processing measures were obtained from (a) coding the response protocols (i.e., reading strategies, total number of ideas, variability of ideas in responses), and (b) the time on task indices recorded automatically by Read&Learn while performing the experimental activity (QA, SE).

To score the response protocols, two independent raters first divided the text sentences into idea-units. For example, S1 (i.e., “*Atmospheric pressure is the force exerted, at a particular point, by the weight of the column of air extending above that point, to the upper limit of the atmosphere*”) was divided into three ideas: (1) “*Atmospheric pressure is the force exerted at a particular point*”; (2) “*(the force is exerted) by the weight of the column of air*”; (3) “*(the weight of the column) extends above that point to the upper limit of the atmosphere*”. Then, students’ responses for QA and SE were scored against those idea-units. Responses were coded as non-analyzable (NA) when they were too short, incomplete or had an inconsistent meaning (e.g., “*I don’t know*”, “*If the tube*

is so long, Torricelli cannot cover the end”). If the student’s response was analyzable, then students’ reading strategies (i.e., paraphrases, elaborations) were scored. We considered a response included a paraphrase when it referred to an idea-unit explicit in the text. Paraphrases could be correct or incorrect depending on their accuracy to the meaning of the idea-unit (i.e., *CoPar* and *InPar*, respectively). We considered a response included an elaboration when referred to an idea not explicit in the text (i.e., inferences). They could also be correct or incorrect depending on their meaning (i.e., *CoElab* and *InElab*, respectively). A single response could have one or more paraphrases and elaborations. For example, the following response included one correct elaboration, one incorrect elaboration and two correct paraphrases: “*Atmospheric pressure is a force (nCoPar1) caused by the weight of the column of air on a point (nCoPar2). The amount of pressure will depend on the length of the air column (nCoElab1). The weight is greater the closer that point is to the atmosphere (nInElab1)*”. Therefore, a student response may include one or more of these variables (*nCoPar*, *nInPar*, *nCoElab*, *nInElab*), which indicate the total number of correct and incorrect paraphrases and elaborations. Inter-rater agreement measured with Cohen's kappa indicated a high degree of agreement among raters in the coding of these reading strategies, $k = .87, p < .001$. We also scored the total number of paraphrases (*TotPar*) and elaborations (*TotElab*), by adding the correct and incorrect paraphrases and elaborations.

To compute the total number of ideas (*TotIdeas*), we counted the textual and inferential ideas included in the students’ responses to the questions or target sentences. Thus, each student has a *TotIdeas* measure. Inter-rater agreement measured with Cohen's kappa indicated a high degree of agreement among raters, $k = .86, p < .001$.

To score the variability of ideas included in the students’ responses, we computed how many different text ideas and inferential ideas were mentioned for each question or target sentence

(i.e., *nDifTextIdeas* and *nDifNonTxIdeas*, respectively). Therefore, we transformed the previous codification of the ideas included in the responses for each student into a template per question or target sentence. We also scored the total number of different ideas (*TotDifIdeas*), by adding these textual and inferential different ideas for each question or target sentence.

Read&Learn automatically recorded the time (in seconds) spent reading different elements, which provides different online processing indices: (1) *tReading*, indicates the total time reading the text, including initial reading and text rereading; (2) *tRereading* is the total time rereading the text or searching for information to respond to the question or the target sentence to be self-explained; (3) *tStatement* is the total time reading the task statement (i.e., specific question, generic self-explanation statement); (4) *tResponding*, refers to the total time students spent answering the questions or writing self-explanations for the target sentences; (5) *tTask* is the total time reading the statement and responding (i.e., *tStatement* plus *tResponding*); (6) *tTotal*, indicates the sum of *tReading* plus *tTask*.

The final learning measures refer to the students' performance on the posttest. We distinguished between the score on low-level questions (*LowPost*) and high-level questions (*HighPost*), and the sum of the two scores (*TotPost*). Each correct response was scored 1, partial responses were scored 0.5, and incorrect responses were scored 0. The maximum score was 20 for *TotPost* and 10 for *LowPost* and *HighPost*. Inter-rater agreement measured with Cohen's kappa indicated a substantial level of agreement among raters, $k = .80, p < .001$.

Two raters performed all the agreements previously mentioned. First, they designed the response protocols. Subsequently, they conducted different training sessions together, and then independently coded around 15% of the sample. Disagreements were resolved cooperatively. One rater continued to score the remaining students' responses.

2.1.6. Data analyses

All the statistical analyses were conducted using the SPSS for Windows, version 25. To assess the first hypothesis (i.e., the interaction effect between type of reading strategy and learning activity), we conducted a three-way mixed ANOVA with learning activity (QA, SE) as the between-subjects variable, and type of reading strategy (paraphrase vs. elaboration) and strategy accuracy (correct vs. incorrect) as the within-subjects variables. ANOVAs data were analyzed with pairwise Bonferroni-adjusted estimated marginal means. For the second hypothesis (i.e., differences in the students' responses and task behavior depending on the learning activity), we conducted seven Student's unpaired t-test with learning activity (QA, SE) as an independent variable, and *TotIdeas* and time indices (i.e., *tReading*, *tRereading*, *tTask*, *tStatement*, *tResponding* and *tTotal*) as dependent variables. To examine the variability of ideas in the students' responses to questions or self-explanations (i.e., hypothesis 3), we carried out three Student's unpaired t-test with learning activity (QA, SE) as an independent variable, and *nDifTxIdeas*, *nDifNonTxIdeas* and *TotDifIdeas* as dependent variables. To analyze the fourth hypothesis (i.e., QA would be more effective for learning than SE), we conducted three Student's unpaired t-test with learning activity (QA, SE) as an independent variable, and learning measures (*TotPost*, *LowPost* and *HighPost*) as dependent variables.

2.2. Results and discussion

2.2.1. Differences in reading strategies by learning activity

The three-way ANOVA showed that the interaction effect between type of reading strategy and learning activity was significant, $F(1, 75) = 31.47, p < .001, \eta^2_p = .296$ (see Figure 3). Although *TotPar* was higher than *TotElab* in both learning activities ($p = .010$, for QA; $p < .001$, for SE), *TotElab* was higher for QA ($M = 7.89; SD = 2.53$) than for SE ($M = 5.38; SD = 4.94$), $p = .008$,

and *TotPar* was higher for SE ($M = 21.81$; $SD = 9.29$) than for QA ($M = 12.14$; $SD = 5.09$), $p < .001$. These results are consistent with our first prediction.

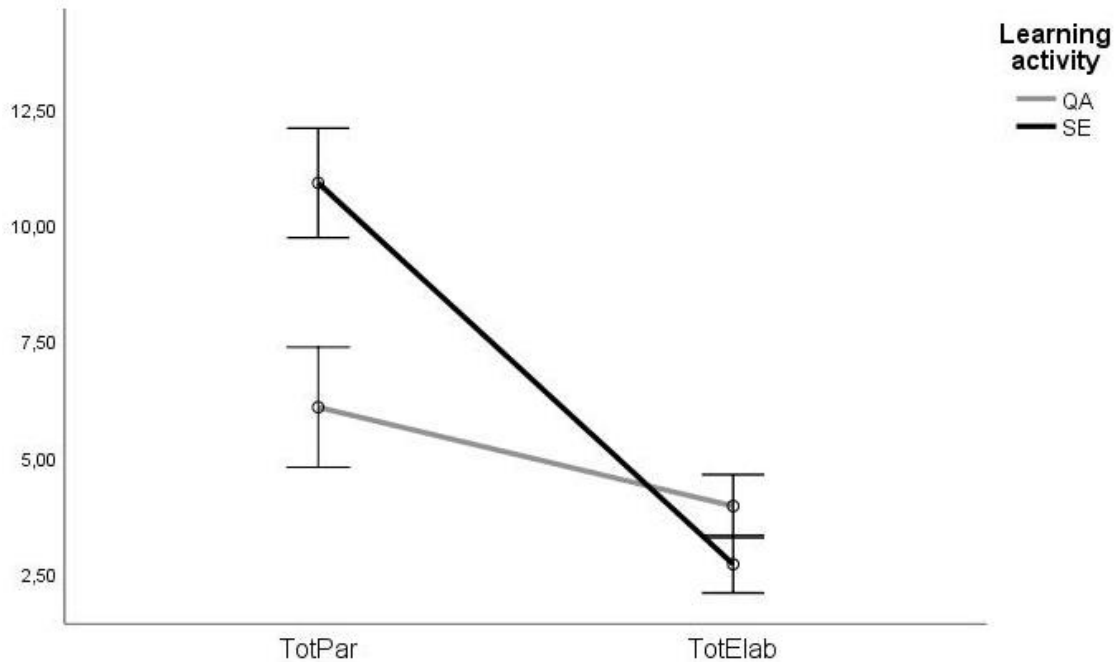


Figure 3. Interaction effect between type of reading strategy and learning activity. *Note.* Error bars represent the 95% confidence interval of the mean. TotPar = total number of paraphrases; TotElab = total number of elaborations.

We also found that the three-way interaction effect among type of reading strategy, strategy accuracy and learning activity was significant, $F(1, 75) = 15.00$, $p < .001$, $\eta^2_p = .167$. SE induced more *nCoPar* and *nInPar* than QA activity, whereas QA prompted more *nInElab* than SE activity. *nCoElab* was marginally higher for QA than for SE (see Table 1). While *nInElab* was higher than *nInPar* in QA ($p < .001$), there were no significant differences between both incorrect reading strategies in SE ($p = .850$). All other pairwise comparisons were similar for both learning activities: *nCoPar* was higher than *nInPar* and *nCoElab* (all $ps < .001$), and there were no significant differences between *nCoElab* and *nInElab* ($p = .410$, for QA; $p = .503$, for SE). Results also revealed significant main effects of learning activity, $F(1, 75) = 16.19$, $p < .001$, $\eta^2_p = .178$, type

of reading strategy, $F(1, 75) = 90.89, p < .001, \eta^2_p = .548$, and strategy accuracy, $F(1, 75) = 122.14, p < .001, \eta^2_p = .620$. The effects showed that total strategies was higher for SE ($M = 6.80; SD = 8.15$) than for QA ($M = 5.01; SD = 4.28$), as well as paraphrases ($M = 8.49; SD = 8.28$) were higher than elaborations ($M = 3.32; SD = 0.77$), and correct strategies ($M = 9.07; SD = 7.64$) were more frequent than incorrect strategies ($M = 2.73; SD = 1.29$) regardless of learning activity.

Table 1

Mean values (M), standard deviations (SD) and ANOVAs' results for strategy accuracy measures by learning activity

Measure	QA	SE	$F(1, 75)$	p	η^2_p
	$M (SD)$	$M (SD)$			
nCoPar	11.09 (5.46)	19.02 (8.94)	21.02	< .001	.219
nInPar	1.06 (0.97)	2.79 (1.91)	23.64	< .001	.240
nCoElab	3.69 (2.69)	2.50 (2.75)	3.62	.061	.046
nInElab	4.20 (2.03)	2.88 (3.19)	4.46	.038	.056

Note. nCoPar = number of correct paraphrases; nInPar = number of incorrect paraphrases; nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations.

2.2.2. Differences in students' responses and task behavior by learning activity

Table 2 reports the mean values, standard deviations, as well as the Student's unpaired t-tests results to analyze the differences in the students' responses and task behavior depending on the learning activity. Results showed that *TotIdeas*, *tResponding*, *tReading* were higher for SE in comparison to QA, whereas QA induced more *tStatement* and *tRereading* than SE. These results are consistent with our predictions. In addition, *tTotal* was higher for SE than for QA, and there was no significant difference in *tTask* between conditions.

Table 2

Mean values, standard deviations and Student's unpaired t-tests results for ideas and time indices by learning activity

Measure	QA	SE	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>			
TotIdeas	20.03 (5.97)	27.19 (9.00)	$t(71.619) = -4.17^a$	< .001	-0.94
tTotal	1341.19 (454.68)	1841.16 (444.83)	$t(75) = -4.86$	< .001	-1.11
tReading	440.84 (334.81)	914.63 (245.25)	$t(61.077) = -6.96^a$	< .001	-1.61
tRereading	489.23 (263.69)	376.08 (192.57)	$t(75) = 2.17$	.033	0.49
tTask	900.34 (250.24)	926.53 (359.93)	$t(72.815) = -0.38^a$	.709	-0.08
tStatement	218.39 (85.90)	11.78 (24.64)	$t(38.673) = 13.77^a$	< .001	3.27
tResponding	681.95 (225.93)	914.75 (361.39)	$t(69.928) = -3.44^a$	.001	-0.77

Note. TotIdeas = total number of text and inferential ideas; tTotal = total time reading the text and performing the task; tReading = total time reading the text; tRereading = total time rereading the text; tTask = total time reading the statement and responding; tStatement = total time reading the task statement; tResponding = total time responding.

^a Levene's test is significant ($p < .05$), suggesting a violation of the equal variance assumption.

2.2.3. Variability of ideas in students' responses by learning activity

The variability of ideas in the students' responses depending on the learning activity was analyzed using three Student's unpaired t-test with learning activity (QA, SE) as an independent variable, and variability of ideas (*nDifTxIdeas*, *nDifNonTxIdeas*, *TotDifIdeas*) as dependent variables. Results revealed that *TotDifIdeas*, *nDifTxIdeas* and *nDifNonTxIdeas* were higher for SE than for QA (see Table 3), which was consistent with our prediction.

Table 3

Mean values (M), standard deviations (SD) and Student's unpaired t -tests results for response variability measures by learning activity

Measure	QA	SE	$t(22)$	p	Cohen's d
	$M (SD)$	$M (SD)$			
nDifTxIdeas	7.33 (1.78)	10.25 (3.91)	-2.35	.028	-0.96
nDifNonTxIdeas	8.25 (4.03)	15.58 (4.60)	-4.16	< .001	-1.70
TotDifIdeas	15.58 (3.68)	25.83 (5.37)	-5.45	< .001	-2.23

Note. nDifTxIdeas = number of different text ideas; nDifNonTxIdeas = number of different ideas beyond the text; TotDifIdeas = total number of different ideas.

2.2.4. Differences in effectiveness for final learning by learning activity

Three Students' unpaired t -test were conducted to examine whether QA would be more effective for learning than SE. No significant between-group differences were found in *TotPost*; neither in *LowPost* nor *HighPost* (see Table 4).

Table 4

Mean values (M), standard deviations (SD) and Student's unpaired t -tests results for learning measures by learning activity

Measure	QA	SE	$t(75)$	p	Cohen's d
	$M (SD)$	$M (SD)$			
TotPost	6.00 (2.76)	5.66 (3.01)	0.52	.604	0.12
LowPost	3.46 (1.89)	3.29 (1.89)	0.40	.693	0.09
HighPost	2.54 (1.34)	2.37 (1.37)	0.56	.577	0.13

Note. TotPost = total score on posttest; LowPost = score on low-level posttest questions; HighPost = score on high-level posttest questions.

To examine the relationships between processing measures and final learning outcomes we conducted Pearson correlation analyses to explore the relationships between the final learning and:

(1) the reading strategies (*nCoPar*, *nInPar*, *nCoElab*, *nInElab*) depending on the learning activity (see Table 5); and (2) *TotIdeas* and time indices (*tReading*, *tRereading*, *tTask*, *tStatement*, *tResponding*, *tTotal*) depending on the learning activity (see Table 6).

Table 5 shows that *nCoElab* correlated positively and significantly with all learning measures (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*). Further, *nCoElab* was the only reading strategy that correlated with learning outcomes for SE. In contrast, *nInElab* and *nCoPar* correlated significantly with final learning for QA. For this condition, the correlation between *nInElab* and *TotPost* and *LowPost* was negative, whereas *nCoPar* correlated positively with *TotPost* and *LowPost*.

Table 5

Pearson correlations between reading strategies and learning measures by learning activity

Condition	Measure	1	2	3	4	8	9	10
QA	1. nCoPar	-						
	2. nInPar	-.46**	-					
	3. nCoElab	.50**	-.19	-				
	4. nInElab	-.54***	.35*	-.45**	-			
	8. TotPost	.34*	.07	.51**	-.34*	-		
	9. LowPost	.40*	.05	.45**	-.46**	.90***	-	
	10. HighPost	.14	.07	.42*	-.06	.79***	.45**	-
SE	1. nCoPar	-						
	2. nInPar	.08	-					
	3. nCoElab	.01	-.21	-				
	4. nInElab	-.44**	-.21	.38*	-			
	8. TotPost	.25	-.10	.52***	.08	-		
	9. LowPost	.26	-.07	.45**	-.01	.95***	-	
	10. HighPost	.18	-.13	.53***	.18	.89***	.70***	-

Note. * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$; *** $p \leq .001$.

Table 6 shows a significant and positive correlation between *TotIdeas* and learning outcomes in both experimental conditions, although the correlation between *TotIdeas* and *HighPost* was marginally significant for QA ($p = .068$). *tResponding* and *TotPost* correlated positively in both learning activities, although correlations with *LowPost* only were significant for QA. There were other correlational differences between SE and QA in *tTotal* and *tReading*. While *tTotal* only showed a significant and positive correlation with *HighPost* in QA, *tReading* showed significant and negative correlations with learning outcomes (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*) in SE. No significant correlations were found between the other time indices (e.g., *tStatement*, *tRereading*) and learning outcomes.

Table 6

Pearson correlations between ideas, time indices and learning measures by learning activity

Condition	Measure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
QA	1. TotIdeas	-									
	2. tTotal	.16	-								
	3. tReading	-.07	.84***	-							
	4. tRereading	.12	-.36*	-.46**	-						
	5. tTask	.39*	.69***	.19	-.04	-					
	6. tStatement	-.29	.40*	.21	.12	.44**	-				
	7. tResponding	.54***	.62***	.13	-.09	.94***	.11	-			
	8. TotPost	.44**	.31	.12	-.26	.40*	-.30	.56***	-		
	9. LowPost	.42*	.15	.01	-.20	.25	-.30	.40*	.90***	-	
	10. HighPost	.31	.43**	.23	-.25	.47**	-.19	.59***	.79***	.45**	-
SE	1. TotIdeas	-									
	2. tTotal	.60***	-								
	3. tReading	.01	.59***	-							
	4. tRereading	.12	.49***	.70***	-						
	5. tTask	.74**	.84***	.05	.13	-					
	6. tStatement	.06	.08	.18	.23	-.03	-				
	7. tResponding	.73***	.83***	.03	.12	1.00***	-.09	-			
	8. TotPost	.41**	.01	-.45**	-.26	.32*	-.20	.34*	-		
	9. LowPost	.38*	.01	-.38*	-.16	.26	-.18	.27	.95***	-	
	10. HighPost	.38*	.03	-.47**	-.35*	.35*	-.20	.37*	.89***	.70***	-

Note. * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$; *** $p \leq .001$.

This experiment confirmed that QA and SE induce different processing, although no differences between the two learning activities were found in terms of final learning. QA may prompt more incorrect elaborations than SE, but students tend to paraphrase text information while self-explaining more often than when answering questions. The type of questions to be answered may contribute to explaining these findings (Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca,

2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). The nature of QA with a text available made students focus their attention on understanding the questions and searching for relevant text information to the questions, as responding to the questions is the main goal of the students (Farr et al., 1990; Rupp et al., 2006). However, SE instructions focus students on understanding the text while reading and on writing their self-explanations, as these processes are essential for the construction of a coherent mental representation of text ideas, which is the main students' goal (Chi, 2000; Chi et al., 1994; McNamara, 2004). In other words, students get involved in cognitive processes that are coherent with the task they are asked to perform, either QA or SE. When we analyzed the students' responses, we found that responses to the target sentences revealed a greater variability of ideas in comparison to responses to the questions. Whereas QA activity highly constrains the text information and inferential ideas that students use (i.e., those relevant to answer the questions), SE activity does not constrain the ideas processing so closely (Bisra et al., 2018; Chi, 2000; Roy & Chi, 2005; Siegler, 2002). This is why we may consider QA as a closely-defined learning activity in which the questions presented to students play a key role in text processing, whereas SE can be considered as a loosely-defined learning activity in which the students' interpretation while constructing a coherent mental representation is determinant. In other words, the role of teachers or instructors in designing the questions is essential as it greatly influences the students' processing. However, intrapersonal factors (e.g., prior knowledge or motivation) would play a more important role in SE activity as it is greatly influenced by the mental representation students construct while performing the task. An interesting result is that no differences between QA and SE for the final delayed learning were found. It seems that the features of the two learning activities compensate one to the other. Although QA may prompt students to elaborate on text information, this learning activity constrains the amount of information processed, while SE does

not impose that limitation. On the contrary, SE allows students to process more text information while trying to construct a coherent mental representation of the text, although the main reading strategy is paraphrasing, which at the end is also beneficial for learning (McNamara, 2004).

This experiment has some limitations. First, we cannot assume that all types of questions guide the student to generate elaborations or that student always paraphrases text information regardless of the features of the target sentence. It is necessary to explore whether reading strategies vary depending on the type of question or the target sentence. Second, it is likely that QA was not more effective than SE because of the incorrect elaborations. For QA, low-knowledge students may have been forced to generate elaborations for which they were not prepared because of their lack of prior knowledge, so they are likely to generate incorrect elaborations, which correlated negatively with learning in this condition. We recommend examining the impact of students' prior knowledge on the reading strategies. Third, the final delayed learning was relatively low for both learning conditions. Students only studied a science passage. It is very convenient to use at least two different passages and validate these results with a new final test, since the posttest we used may not be sensitive enough to detect differences between QA and SE.

3. EXPERIMENT 2

We designed this second experiment to overcome the limitations of Experiment 1, to validate and to expand on their results. We made the following changes in this experiment: (a) two science texts were used, instead of one; (b) the set up of types of questions and target sentences; (c) the test on science prior knowledge was expanded (e.g., general knowledge, specific knowledge of each text); and (d) the range of students' prior knowledge was increased because approximately half of them took an advanced Science course. Hence, we may confirm whether high-level questions induce students to generate more incorrect elaborations than low-level questions, in

addition to exploring whether the influence of students' prior knowledge in the generation of elaborations is more important for SE than for QA. After measuring the students' prior knowledge in science, 10th graders studied two science texts and completed the learning task in a web-based software. After two days, all students were tested on their final learning (i.e., posttest).

Our main research goals are the same as in Experiment 1 (i.e., to analyze the processing differences between QA and SE; to examine the relative effectiveness of QA and SE for learning). Furthermore, two specific objectives are stated: first, to explore the impact of the type of question or target sentence on the reading strategies used by students; and second, to analyze the influence of the students' prior knowledge in the generation of elaborations depending on the learning activity. We firstly hypothesized that differences in reading strategies between QA and SE would be apparent (Hypothesis 1). We predicted two interactions effects: first, between type of reading strategy and learning activity; and second, between type of reading strategy, strategy accuracy and learning activity. QA would induce more elaborations and fewer paraphrases than SE. Only incorrect elaborations would be more frequent for QA than for SE, whereas both types of paraphrases (correct, incorrect) would be higher for SE than for QA. Secondly, we hypothesized that the nature of QA and SE would induce differences in students' responses and task behavior (Hypothesis 2). QA would focus students' on understanding the question and searching for the relevant text information to answer the question, while SE would focus students on constructing a coherent mental representation of the text, which would involve including more ideas in their responses and spending more time responding. According to the results of Experiment 1, we thirdly hypothesized that QA activity would be equally effective for learning than SE activity (Hypothesis 3). These three hypotheses referred to replicate the results of Experiment 1. Our fourth hypothesis was that there would be an interaction effect between type of question or target sentence, type of

reading strategy and learning activity (Hypothesis 4). We predicted that elaborations would be more likely for high-level questions, while paraphrases would be more frequent for low-level questions. We do not have evidence to assume the same pattern of differences between types of target sentences, but we expected that the influence on reading strategies would be smaller because of the nature of SE activity (i.e., QA is a closely-defined activity, whereas SE is a loosely-defined activity). Our fifth hypothesis was that the students' prior knowledge would moderate the relationship between the learning activity and the elaborations used by students (Hypothesis 5). We first predicted that QA would induce low-knowledge students to generate more elaborations than low-knowledge students who self-explained. We secondly predicted that QA would induce low-knowledge students to generate more incorrect elaborations compared to SE activity, whereas no moderation effect was expected for correct elaborations.

3.1. Method

3.1.1. Participants

Participants were one hundred and seven 10th graders from a public high school in Valencia (Spain). We excluded twenty-five students for the same criteria as in Experiment 1. The final sample was composed of eighty-two participants. The mean student age was 15.44 ($SD = 0.59$) and 53.7% of the group were female.

The design was identical to Experiment 1 (i.e., between-subjects). After assessing students' prior knowledge, participants were randomly assigned to QA or SE and to the different counterbalanced text orders. There were 41 students in each condition. No difference in prior knowledge between QA condition ($M = 8.80$; $SD = 4.69$) and SE condition ($M = 8.95$; $SD = 5.04$) was apparent, $t(80) = 0.14$, $p = .892$, $d = 0.03$.

3.1.2. *Materials*

This experiment included materials similar to Experiment 1, but with some changes derived from the introduction of a new science text.

We used two science texts with five open-ended questions (for QA condition) and five target sentences to be self-explained for each text (for SE condition). Text topics were *Atmospheric Pressure* and *Heat Transmission* (909 and 863 words in length, respectively). The Flesch-Szigriszt index of text legibility was 68.07 for *Atmospheric Pressure* and 57.06 for *Heat Transmission*, respectively, indicating that texts were “fairly easy” and “normal” to read according to the INFLESZ Scale (Barrio-Cantalejo et al., 2008). We developed five high-level questions for QA and five global target sentences for SE (i.e., two for *Atmospheric Pressure* and three for *Heat Transmission*), and five low-level questions for QA and five local target sentences for SE (i.e., three for *Atmospheric Pressure* and two for *Heat Transmission*). The criteria for the development of questions and target sentences were identical to Experiment 1 (i.e., key content). Likewise, each question was matched with a target sentence to cover the same text information in both experimental conditions. The following generic statement introduced each target sentence: “*Self-explain the sentence in bold type you just read. Remember that to explain yourself you can do all these actions: a) explaining what the sentence means to you, b) relating the sentence to what you have read so far, c) saying what the sentence suggests to you, or d) saying if the sentence raises any questions for you. Self-explaining is not repeating what the sentence says, but expressing with your own words what we have just indicated*”.

The *prior knowledge test* in science was similar to Experiment 1 (i.e., 30-item, three choices). It preserved some general knowledge items in science from the test of Experiment 1, and included items related to both text topics, i.e., *Atmospheric Pressure* (e.g., “*A particle of gas*

always weighs the same regardless of its temperature) and *Heat Transmission* (e.g., *Heat can be propagated by conduction both in a material medium and in vacuum*). These items did not overlap with the text information. Cronbach's alpha showed acceptable reliability, $\alpha = .60$ (Griethuijzen et al., 2014).

The *final learning posttest* included ten open-ended questions. These questions asked about the information processed in the study phase through questions and target sentences, but not in an identical way (e.g., *Someone tells you: On the top of a mountain there is more pressure than on the edge of a beach because you are closer to the upper limit of the atmosphere. Would you agree? Why?*). The distribution of question types among texts was the same as in the study phase. Cronbach's alpha showed reasonable reliability, $\alpha = .73$ (Griethuijzen et al., 2014).

3.1.3. Apparatus

Participants performed the learning activity in the computer-based system used in Experiment 1 (i.e., Read&Learn). The technical characteristics of each learning activity were described in Section 2.1.3.

3.1.4. Procedure

The experiment was conducted in three sessions. With the exceptions of the longer delay of learning assessment (i.e., from one to two days after the study phase), and that the students' participation affected their grades to increase their commitment in the experimental sessions, all sessions of Experiment 2 were identical to Experiment 1.

3.1.5. Measures

The measures were similar to those described for Experiment 1 (see Section 2.1.5.). We used the final learning measures (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*), whose maximum score is 10 and

5 for each type of question, and most of the processing measures: the reading strategies measures by type of reading strategy (*TotPar*, *TotElab*) and by strategy accuracy (*nCoPar*, *nInPar*, *nCoElab*, *nInElab*); the total number of ideas (*TotIdeas*); and all the time indices recorded by Read&Learn (i.e., *tTotal*, *tReading*, *tRereading*, *tTask*, *tStatement*, *tResponding*). In addition, we included the students' prior knowledge score (*PK*). It was computed by discounting the students' incorrect answers to the correct ones in the test of prior knowledge, so the maximum score of *PK* was 30.

Two raters scored the responses to the posttest questions, as well as the total number of ideas and the reading strategies included in the students' responses to the questions or target sentences in the study phase. After different training sessions, raters independently coded approximately 15% of the sample using the response protocols described in Section 2.1.5. Cohen's kappa indicated a high degree of agreement among raters in the coding of the final learning measures ($k = .82, p < .001$), the total number of ideas ($k = .91, p < .001$), and the reading strategies ($k = .81, p < .001$). Disagreements were resolved cooperatively. One rater scored the remaining students' responses of the study phase and learning outcomes.

3.1.6. *Data analyses*

All the statistical analyses were conducted using the SPSS for Windows (version 25). The analyses were identical to Experiment 1 to examine the first hypothesis (i.e., the differences in reading strategies between QA and SE), the second hypothesis (i.e., the differences in the students' responses and task behavior depending on the nature of the learning activity), and the third hypothesis (i.e., the lack of differences in the effectiveness of QA and SE for learning). To test the fourth hypothesis (i.e., the effect of the type of question or target sentence on reading strategies), we conducted a three-way mixed ANOVA with type of question or target sentence (low-level, local vs. high-level, global) and type of reading strategy (paraphrase vs. elaboration) as the within-

subjects variables, and learning activity (QA, SE) as the between-subjects variable. ANOVAs data were analyzed with pairwise Bonferroni-adjusted estimated marginal means. Three moderation analyses (i.e., model 1) were carried out to examine whether the relationships between the learning activity (QA, SE) and inferential reading strategies (*TotElab*, *nCoElab* and *nInElab*) were moderated by the students' prior knowledge (*PK*). All models were conducted using the version 3.4. of the macro of PROCESS (Hayes, 2018). Learning activity was entered as an independent variable, the students' prior knowledge as a moderating variable and the inferential strategies (*TotElab*, *nCoElab* and *nInElab*) as dependent variables. The SE condition was coded as "0" and the QA condition was coded as "1". Bias-corrected bootstrap 95% confidence intervals (CIs) based on 10,000 samples were used. The mean of *PK* was centered in order to make the results more interpretable. Regression coefficients are reported in unstandardized form as *b-values*. Tests of significance ($p < .05$) or a confidence interval (not including zero) in the interaction indicated that the effect of learning activity on inferential strategies was moderated by other variables. Conditional effects of learning activity on inferential strategies at values of the moderator (mean and ± 1 standard deviation) were estimated using the "pick-a-point" approach or the analysis of simple slopes. Consequently, -1 SD from the mean, the mean, and +1 SD from the mean represent "low", "medium", and "high" levels of the moderating variable (*PK*), respectively.

3.2. Results and discussion

3.2.1. Differences in reading strategies by learning activity

To examine the differences in reading strategies between QA and SE, we conducted a three-way mixed ANOVA with learning activity (QA, SE) as the between-subjects variable, and type of reading strategy (paraphrase vs. elaboration) and strategy accuracy (correct vs. incorrect) as the within-subjects variables. The interaction effect between type of strategy and learning

activity was significant, $F(1, 80) = 38.07, p < .001, \eta^2_p = .322$ (see Figure 4). Although *TotPar* was higher than *TotElab* in both learning activities ($p < .001$, for SE; $p = .004$, for QA), *TotElab* was higher for QA ($M = 10.51; SD = 3.82$) than for SE ($M = 7.05; SD = 6.60$), $p = .005$, and *TotPar* was higher for SE ($M = 26.39; SD = 13.61$) than for QA ($M = 15.39; SD = 5.80$), $p < .001$. These results are congruent with our first prediction and validate the results of Experiment 1.

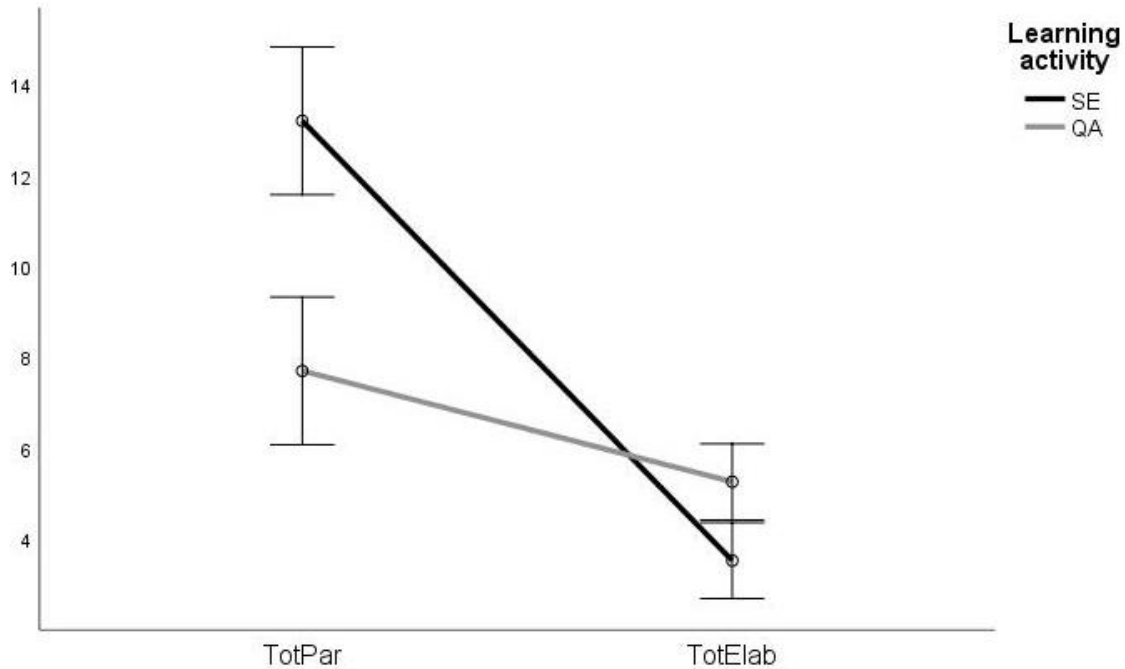


Figure 4. Interaction effect between type of reading strategy and learning activity. *Note.* Error bars represent the 95% confidence interval of the mean. TotPar = total number of paraphrases; TotElab = total number of elaborations.

The interaction effect among type of reading strategy, strategy accuracy and learning activity was also significant, $F(1, 80) = 10.32, p = .002, \eta^2_p = .114$. SE induced more *nCoPar* and *nInPar* than QA activity, whereas *nInElab* was higher for QA than for SE. No significant between-group differences were found in *nCoElab* (see Table 7). These results confirmed our second prediction and replicated the results of Experiment 1. Results also revealed significant main effects of learning activity, $F(1, 80) = 7.09, p = .009, \eta^2_p = .081$, type of reading strategy, $F(1, 80) =$

106.75, $p < .001$, $\eta^2_p = .572$, and strategy accuracy, $F(1, 80) = 129.37$, $p < .001$, $\eta^2_p = .618$. These effects showed that total strategies was higher for SE activity ($M = 8.36$; $SD = 9.62$) than for QA ($M = 6.48$; $SD = 4.90$), and that paraphrases ($M = 10.45$; $SD = 9.62$) were higher than elaborations ($M = 4.39$; $SD = 1.35$), and correct strategies ($M = 11.61$; $SD = 8.39$) were more frequent than incorrect strategies ($M = 3.23$; $SD = 1.22$) regardless of learning activity.

Table 7

Mean values (M), standard deviations (SD) and ANOVAs' results for strategy accuracy measures by learning activity

Measure	SE	QA	$F(1, 80)$	p	η^2_p
	$M (SD)$	$M (SD)$			
nCoPar	22.73 (13.44)	13.41 (5.72)	16.69	< .001	.173
nInPar	3.66 (2.34)	1.98 (1.49)	15.07	< .001	.159
nCoElab	4.51 (4.81)	5.78 (3.33)	1.93	.169	.024
nInElab	2.54 (2.88)	4.73 (2.97)	11.55	.001	.126

Note. nCoPar = number of correct paraphrases; nInPar = number of incorrect paraphrases; nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations.

3.2.2. Differences in students' responses and task behavior by learning activity

To analyze the differences in the students' responses and task behavior depending on the learning activity, we conducted seven Students' unpaired t-tests with *TotIdeas* and time indices (i.e., *tTotal*, *tReading*, *tRereading*, *tTask*, *tStatement*, *tResponding*) as dependent variables, and learning activity as an independent variable. Results showed that QA required more *tStatement* and more *tRereading* than SE, while SE induced more *tResponding* and more *TotIdeas* than QA (see Table 8). Thus, we confirmed our prediction. Unlike Experiment 1, no significant between-group differences were found in *tTotal* and *tReading*.

Table 8

Means (M), standard deviations (SD) and Students' unpaired t-tests results for text ideas and time indices between learning activities

Measure	SE	QA	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>			
TotIdeas	33.44 (16.74)	25.90 (6.94)	$t(53.359) = 2.66^a$	.010	0.59
tTotal	2487.14 (1158.10)	2589.12 (704.90)	$t(66.061) = -0.48^a$	.632	-0.11
tReading	1065.52 (534.55)	1253.51 (427.70)	$t(80) = -1.76$	.083	-0.39
tRereading	219.36 (207.87)	678.18 (416.90)	$t(58.732) = -6.31^a$	< .001	-1.39
tTask	1421.62 (788.59)	1335.60 (480.98)	$t(66.143) = 0.60^a$	.553	0.13
tStatement	23.04 (23.59)	354.98 (143.07)	$t(42.174) = -14.66^a$	< .001	-3.24
tResponding	1398.57 (785.03)	980.62 (419.20)	$t(61.096) = 3.01^a$	.004	0.66

Note. TotIdeas = total number of text and inferential ideas; tTotal = total time reading the text and performing the task; tReading = total time reading the text; tRereading = total time rereading the text; tTask = total time reading the statement and responding; tStatement = total time reading the task statement; tResponding = total time responding.

^aLevene's test is significant ($p < .05$), suggesting a violation of the equal variance assumption.

3.2.3. Differences in effectiveness for final learning by learning activity

Our third hypothesis was that QA would be equally effective for learning than SE. Results were analyzed using three Students' unpaired t-test with learning measures as dependent variables, and learning activity as an independent variable. As in Experiment 1, no significant between-group differences were found in *TotPost*, *LowPost*, or *HighPost* (see Table 9).

Table 9

Mean values (M), standard deviations (SD) and Student's unpaired t-tests results for learning measures by learning activity

Measure	SE	QA	<i>t</i> (80)	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)			
TotPost	4.11 (2.35)	4.07 (2.14)	0.07	.941	0.02
LowPost	2.34 (1.20)	2.10 (1.03)	0.99	.326	0.22
HighPost	1.77 (1.41)	1.98 (1.41)	-0.66	.509	-0.15

Note. TotPost = total score on posttest; LowPost = score on low-level posttest questions; HighPost = score on high-level posttest questions.

Table 10 reports Pearson correlations to analyze the relationships between reading strategies and learning outcomes depending on the learning activity. As in Experiment 1, *nCoElab* correlated positively and significantly with learning outcomes (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*) in both learning activities, although the correlation with *LowPost* was only significant for SE. The correlation between *nInElab* and all learning measures was only significant and negative for QA. Unlike Experiment 1, *nCoPar* indicated significant and positive correlations with learning outcomes (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*) in both learning activities. In addition, *nInPar* correlated negatively with all learning measures (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*) for SE, while the correlations were only significant with *TotPost* and *HighPost* for QA.

Table 10

Pearson correlations between reading strategies and learning measures by learning activity

Condition	Measure	1	2	3	4	5	6	7
SE	1. nCoPar	-						
	2. nInPar	-.02	-					
	3. nCoElab	.38*	-.32*	-				
	4. nInElab	.08	.23	.44**	-			
	5. TotPost	.44**	-.49***	.61***	.04	-		
	6. LowPost	.31*	-.40**	.42**	-.04	.88***	-	
	7. HighPost	.46**	-.48**	.66***	.09	.91***	.61***	-
QA	1. nCoPar	-						
	2. nInPar	-.08	-					
	3. nCoElab	.41**	-.08	-				
	4. nInElab	-.50***	.25	-.27	-			
	5. TotPost	.70***	-.31*	.38*	-.47**	-		
	6. LowPost	.63***	-.19	.15	-.44**	.83***	-	
	7. HighPost	.60***	-.33*	.47**	-.40*	.91***	.52***	-

Note. * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$; *** $p \leq .001$.

Table 11 shows the correlation results between the learning outcomes, *TotIdeas*, and time indices depending on the learning activity. As in Experiment 1, no significant correlations were found between *tStatement* and *tRereading* with *TotPost* in any learning activity. For QA and SE, *tResponding* correlated positively and significantly with all learning outcomes (*TotPost*, *LowPost*, *HighPost*) for SE, while the correlations were only significant with *TotPost* and *LowPost* for QA. For SE, the correlation between *TotIdeas* and *LowPost* was almost significant ($p = .051$).

Table 11

Pearson Correlations of text ideas and online indices with final learning

Condition	Measure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SE	1. TotIdeas	-									
	2. tTotal	.66***	-								
	3. tReading	.28	.81***	-							
	4. tRereading	.48***	.55***	.50***	-						
	5. tTask	.78***	.92***	.51***	.47**	-					
	6. tStatement	-.09	.21	.22	.14	.17	-				
	7. tResponding	.78***	.92***	.51***	.47**	1.00***	.14	-			
	8. TotPost	.47**	.50***	.29	-.09	.53***	.02	.54***	-		
	9. LowPost	.31	.37*	.26	-.11	.36*	.01	.36*	.88***	-	
	10. HighPost	.51***	.52***	.27	-.05	.58***	.02	.58***	.91***	.61***	-
QA	1. TotIdeas	-									
	2. tTotal	.56***	-								
	3. tReading	.12	.74***	-							
	4. tRereading	.13	.61***	.72***	-						
	5. tTask	.71***	.80***	.20	.25	-					
	6. tStatement	.23	.61***	.38*	.47**	.55***	-				
	7. tResponding	.73***	.72***	.10	.12	.96***	.29	-			
	8. TotPost	.49***	.47**	.39*	.13	.34*	.14	.35*	-		
	9. LowPost	.37*	.47**	.41**	.21	.32*	.14	.32*	.83***	-	
	10. HighPost	.48**	.37*	.28	.04	.29	.12	.29	.91***	.52***	-

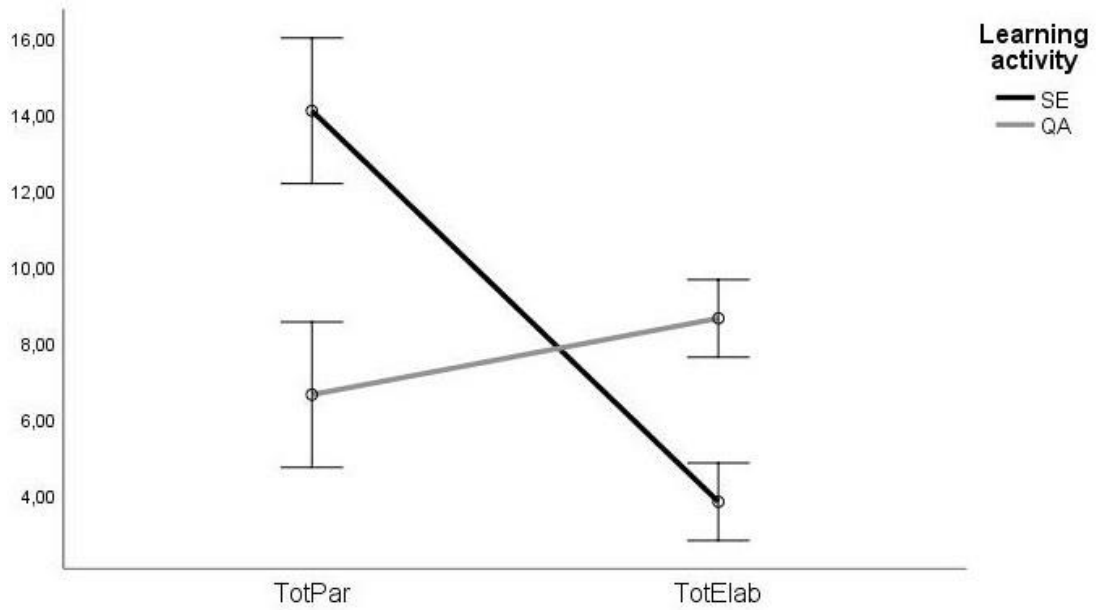
Note. * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$; *** $p \leq .001$.

3.2.4. Effect of type of question or target sentence on reading strategies

To examine the first specific goal (i.e., the impact of the type of question or target sentence on reading strategies), we conducted a three-way mixed ANOVA with type of question or target sentence and type of reading strategy as the within-subject variables, and learning activity as the between-subject variable. Results revealed a three-way significant interaction, $F(1, 80) = 99.55, p$

$< .001$, $\eta^2_p = .554$ (see Figure 5). When we examined QA, *TotElab* was higher for high-level questions ($M = 8.63$; $SD = 2.84$) than for low-level questions ($M = 1.88$; $SD = 2.20$), $p < .001$; whereas *TotPar* was higher for low-level questions ($M = 8.76$; $SD = 2.72$) than for high-level questions ($M = 6.63$; $SD = 3.92$), $p < .001$. Figure 5a shows that high-level questions prompted more elaborations than paraphrases ($p = .033$), whereas Figure 5b indicates the opposite for low-level questions ($p < .001$). These results are consistent with our prediction. Results for SE condition were quite different. *TotElab* did not differ significantly between global target sentences ($M = 3.83$; $SD = 3.65$) and local target sentences ($M = 3.22$; $SD = 3.37$), $p = .183$; and *TotPar* was higher for global target sentences ($M = 14.07$; $SD = 7.74$) than for local target sentences ($M = 12.32$; $SD = 6.35$), $p = .003$. For SE, *TotPar* was higher than *TotElab* in both types of target sentence (all $ps < .001$). Follow-up analyses for pairwise comparisons between experimental conditions showed that elaborations were more frequent for high-level questions than for global target sentences, $p < .001$ (see Figure 5b), but the opposite was found between low-level questions and local target sentences, $p = .036$ (see Figure 5a). Global and local target sentences induced more paraphrases than high-level (see Figure 5a) and low-level questions (see Figure 5b), $p < .001$ and $p = .001$, respectively. In addition, results showed a significant main effect of type of question or target sentence, $F(1, 80) = 42.41$, $p < .001$, $\eta^2_p = .346$, indicating that high-level questions and global target sentences ($M = 8.29$; $SD = 4.33$) showed more total strategies than low-level questions and local target sentences ($M = 6.54$; $SD = 4.87$), $p < .001$. The main effects of type of reading strategy and learning activity were also significant and described in Section 3.2.1.

(5a)



(5b)

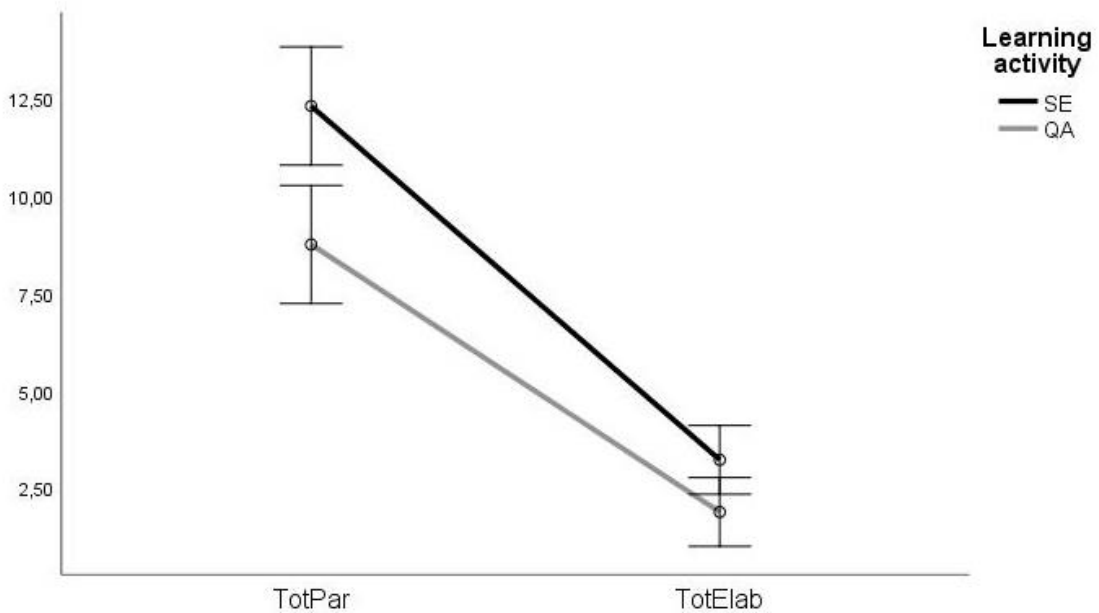


Figure 5. Interaction effect between type of question, type of reading strategy and learning activity: (5a) high-level questions or global target sentences; (5b) low-level questions or local target sentences. *Note.* Error bars represent the 95% confidence interval of the mean. TotPar = total number of paraphrases; TotElab = total number of elaborations.

3.2.5. Effect of prior knowledge on inferential strategies

Our fifth hypothesis was that the students' prior knowledge (*PK*) would moderate the relationship between the learning activity and the inferential reading strategies. Results confirmed that students' *PK* moderated the relationship between learning activity and *TotElab*, $F(1, 78) = 6.04$, $p = .016$, accounting for 5.81% of the variance (see Figure 6a). When we examined the elaboration accuracy, results showed that students' *PK* moderated the relationship between learning activity and *nInElab*, $F(1, 78) = 5.08$, $p = .027$, accounting for 5.34% of the variance (see Figure 6b). The moderation index was not significant for *nCoElab*, $F(1, 78) = 2.37$, $p = .128$ (see Figure 6c).

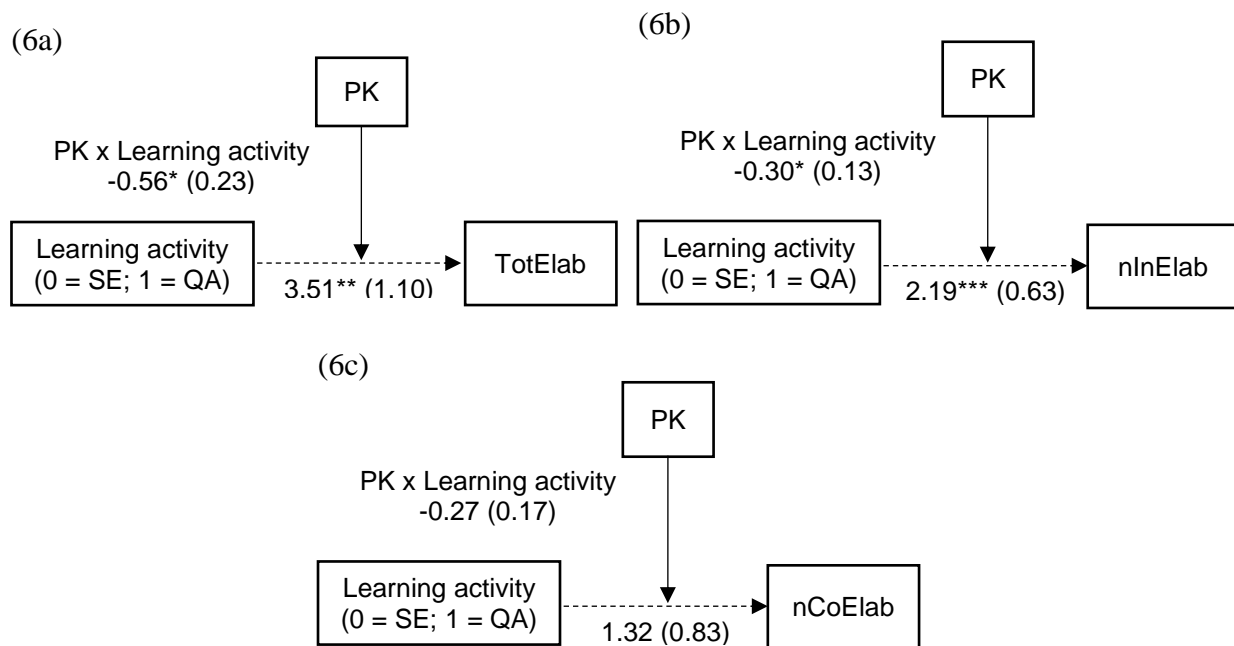
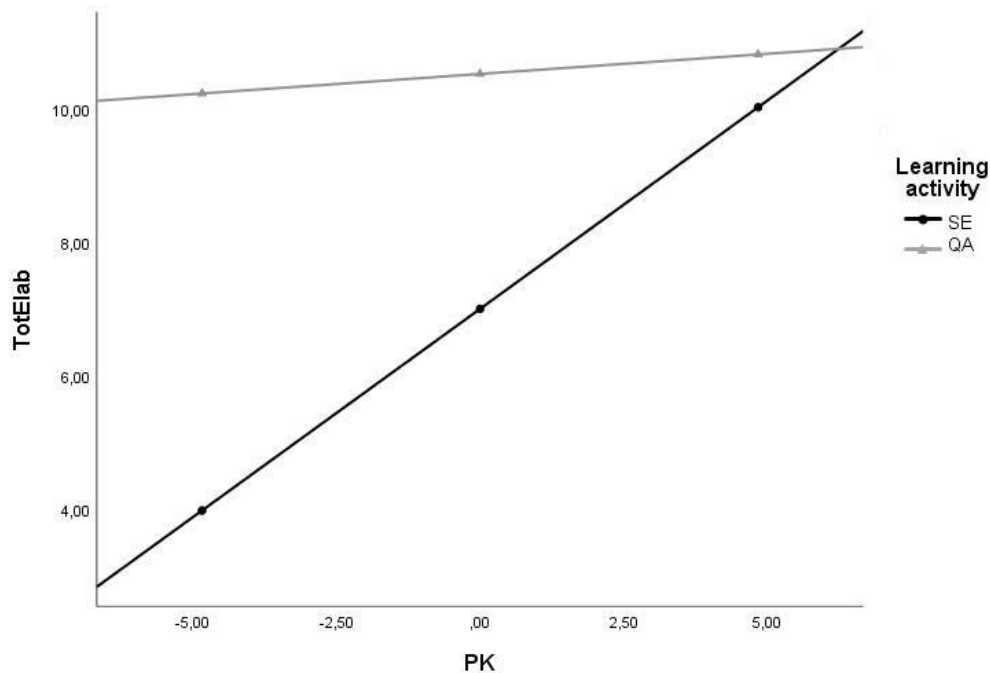


Figure 6. Graphic representation of the moderation analyses for: (6a) *TotElab*; (6b) *nInElab*; (6c) *nCoElab*. *Note.* All coefficients represent unstandardized regression coefficients (standard errors in parentheses). *PK* = students' prior knowledge; *TotElab* = total number of elaborations; *nInElab* = number of incorrect elaborations; *nCoElab* = number of correct elaborations.

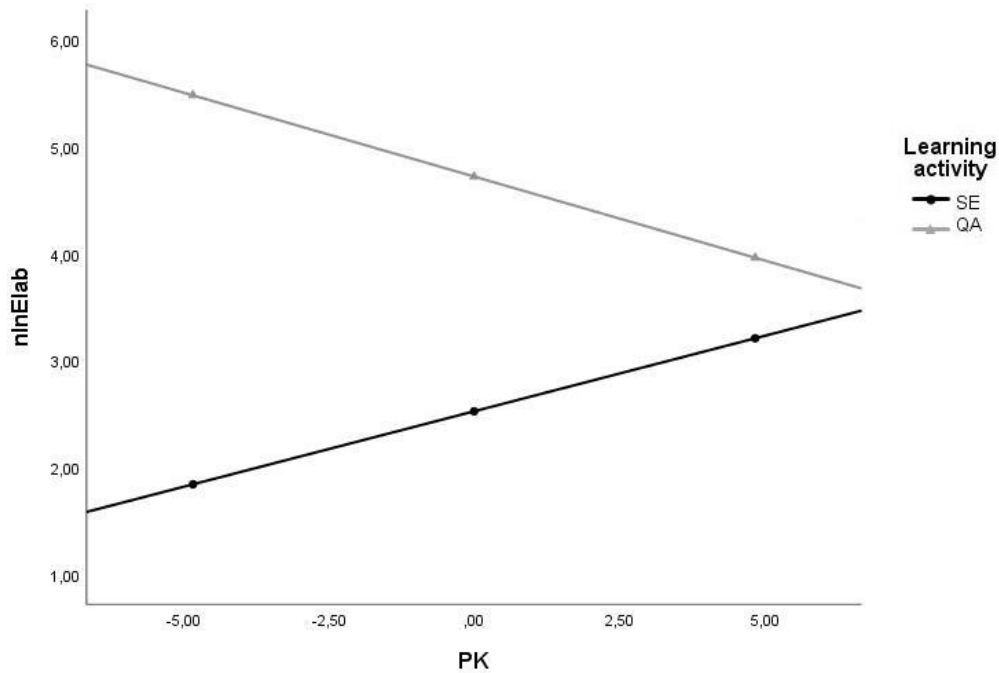
* $p \leq .05$; ** $p \leq .01$; *** $p \leq .001$.

Figure 7a shows that QA induced more *TotElab* than SE when students' *PK* was “low”, $b = 6.24$, $SE = 1.56$, $t = 4.00$, $p < .001$, 95% CI [3.13, 9.34] and “medium”, $b = 3.51$, $SE = 1.10$, $t = 3.20$, $p = .002$, 95% CI [1.33, 5.70], but not when students' *PK* was “high”, $b = 0.79$, $SE = 1.56$, $t = 0.51$, $p = .615$, 95% CI [-2.32, 3.90]. Thus, simple slopes tests confirmed our first prediction. In addition, Figure 7b shows that QA induced more *nInElab* than SE when students' *PK* was “low”, $b = 3.64$, $SE = 0.90$, $t = 4.04$, $p < .001$, 95% CI [1.84, 5.43] and “medium”, $b = 2.19$, $SE = 0.63$, $t = 3.46$, $p = .001$, 95% CI [0.93, 3.46]. No significant between-group differences were found in *nInElab* when students' *PK* was “high”, $b = 0.75$, $SE = 0.90$, $t = 0.84$, $p = .406$, 95% CI [-1.04, 2.55]. When we examined *nCoElab*, there were no significant differences between SE and QA by the students' *PK* (see Figure 7c). These results are consistent with our predictions.

(7a)



(7b)



(7c)

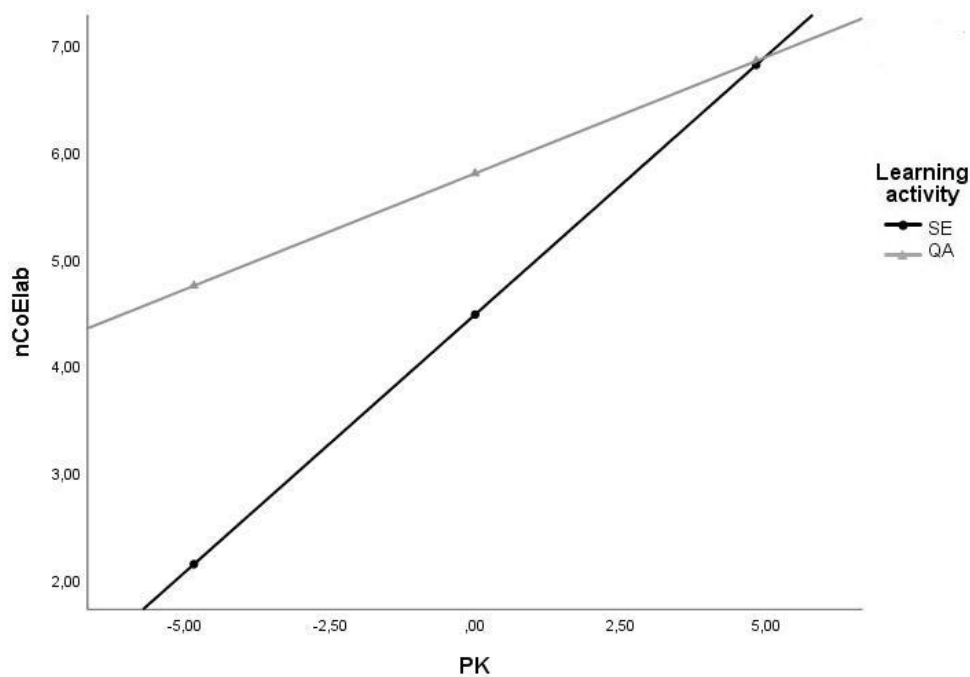


Figure 7. Simple slopes graph of the regressions of learning activity on students' inferential strategies at three levels of the students' PK (low, medium, high): (7a) TotElab; (7b) nInElab; (7c) nCoElab. Note. "Low", "medium" and "high" levels of the moderator represent the mean and ± 1 standard deviation. PK = students' prior knowledge; TotElab = total number of elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations; nCoElab = number of correct elaborations.

Overall, the results from Experiment 2 validated the main results of Experiment 1. Hence, we can conclude that QA and SE induce different reading strategies and task behavior, although both activities are equally effective for learning complex conceptual knowledge. The type of question and the role of students' prior knowledge shed light on some of the differences regarding students' cognitive processes when performing QA or SE. When we analyzed the impact of the type of question or target sentence on students' reading strategies, we observed that high-level questions induced students to make more elaborations than low-level questions, but the global target sentence did not show the same effect on students' reading strategies. This is another evidence that QA processing is closely-defined by the question, while SE processing is not so defined by the target sentence. While high-level questions require connecting several distant ideas, activating relevant prior knowledge and transferring all this knowledge to a new situation, low-level questions can be answered paraphrasing few and close text segments (Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). In addition, QA oriented low-knowledge students to make more incorrect elaborations than students who performed the SE activity. In contrast, SE induced more elaborations (i.e., both correct and incorrect) when the students' prior knowledge was higher. For QA, students form a task model based on the type of question, which guides the students' behavior and cognitive processes (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). If the question has an inferential goal and the response is not explicit in the text, the student tries to answer this goal with the necessary reading strategies, i.e., elaboration. These requirements are the same for all students regardless of their prior knowledge. However, as SE is an activity that aims at understanding the text, students' processing is more dependent on the students' prior knowledge and the reading strategies that they use by themselves (McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009a). Consequently, high-knowledge

students actively generate elaborations to connect distant ideas and to compensate for their conceptual gaps (McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009a), while low-knowledge students do not generate so many elaborations and instead they paraphrase the text (McNamara, 2001, 2004; McNamara & Kintsch, 1996; McNamara & Magliano, 2009a). Nevertheless, QA induces a similar amount of elaborations for low- and high-knowledge students, which may be explained by the nature of high-level questions. In other words, generating paraphrases or elaborations depends on the type of processing induced by the type of question for QA, while the students' prior knowledge is decisive in the generation of elaborations for SE. For QA, students' prior knowledge only influences the accuracy of elaborations.

4. GENERAL DISCUSSION

The two experiments set out to understand how the nature of QA and SE affect students' processing and learning complex conceptual knowledge from the text. We discuss findings from the two experiments concerning the two main goals addressed in both of them: to analyze the processing differences between QA and SE due to their different nature, and to examine the relative effectiveness of QA and SE for learning. Research has shown the effectiveness of QA and SE for learning (e.g., Cerdán et al., 2009; Chi et al., 1994; Ozuru et al., 2010; Rothkopf, 1982; Vidal-Abarca et al., 2019), but no studies have compared these two learning activities, which are inspired by different theoretical frameworks. While QA can be considered to be a reading situation, directed by specific relevance instructions (McCrudden & Schraw, 2007; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019), SE is more represented by comprehension models (e.g., Kintsch, 1998; van den Broek et al., 1999), as this activity aims at the formation of a coherent mental representation of the text. Hence, the results can contribute to understanding how students learn and process the text information from QA and SE.

Results from the two experiments indicated that QA and SE induced different reading strategies and task behavior. QA encouraged more elaborations and fewer paraphrases than SE, although the main differences were found in the number of incorrect elaborations, which was higher for QA activity, and in the number of correct and incorrect paraphrases, which were more frequent for SE activity. There were also differences in students' task behavior for the total number of ideas processed and the distribution of time when performing the learning activity. Whereas QA induced more time reading the question and searching the text for relevant information to answer the questions, SE led students to spend more time responding and to include more ideas in their responses compared to QA. Note that students who self-explained target sentences try to form a coherent mental representation of the information they are reading, but they do not try to respond to clearly defined demands. From these differences, we can conclude that the nature of both learning activities is different. QA provides specific goals to students (i.e., questions), while SE poses a more general goal (i.e., to construct a coherent mental representation of the text). When students perform the QA activity, they construct a task model based on the type of question, which determines their cognitive processes and rereading decisions (McCrudden & Schraw, 2007; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). Therefore, students focus on understanding the question, in addition to rereading the information and using the reading strategies needed to answer the question. Questions can induce students to generate further elaborations when the response to the question is not explicit in the text (e.g., Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019), although QA can also limit text processing to the ideas needed for the questions rather than understanding the text as a whole (Farr et al., 1990; Rupp et al., 2006). In contrast, SE is a constructive activity that consists of making sense of information while reading in order to build a coherent mental representation (e.g., Chi, 2000, 2008;

Fonseca & Chi 2011; Roy & Chi, 2005). Therefore, students tend to focus on understanding and paraphrasing more ideas from the text, which involves including more ideas in their responses and more time responding. SE does not induce specific reading strategies or limit text processing. For SE, the students' final mental representation depends on the cognitive operations that they activate while reading (McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009a). Despite these processing differences induced by the nature of each learning activity, both studies showed that QA and SE are equally effective for learning complex conceptual knowledge. One possible explanation is that the differences between them seem to be offset. Whereas QA tends to constrain students to mainly process the relevant information (McCrudden & Schraw, 2007; van den Broek et al., 2001), SE encourages the construction of a coherent mental representation of the text as a whole while reading (Chi, 2000; Chi et al., 1994; McNamara, 2004; Ozuru et al., 2010).

Experiment 1 specifically examined whether the variability of textual and inferential ideas was lower for QA than for SE. Our findings fully support this hypothesis. These results suggest that QA guides the students' processing and the response to the relevant information, while the content of self-explanations ranges widely even if the student is asked to self-explain a particular target sentence (Bisra et al., 2018; Chi, 2000; Roy & Chi, 2005; Siegler, 2002). The answer to the question is determined by the adjustment to the task model (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019), but the response to the target sentence is not so closely defined by the target sentence. For instance, to respond a low-level question, students have to form a task model (i.e., cause of atmospheric pressure) that orient their processing towards selecting and paraphrasing a specific idea (i.e., the weight of the air) or consecutive ideas to this one (e.g., the weight of the air above a point to the upper limit of the atmosphere), but students rarely include other different ideas. Thus, students' responses will be similar to the other. However, to self-explain a local target sentence,

students do not limit their responses to the target sentence, but they include other ideas (i.e., different from the target sentence or based on prior knowledge) that they may consider necessary to construct a coherent mental representation of the text. Consequently, we can conclude that QA is a closely-defined activity, whereas SE is a loosely-defined activity.

Experiment 2 replicated the processing differences observed in Experiment 1, but it examined additional processing features of SE and QA. It sheds light on the effect of the type of question and target sentence on reading strategies, as well as the moderation role of the students' prior knowledge on the relationship between the learning activity and the inferential strategies activated by the students. When we analyzed the effect of the type of question or target sentence on students' reading strategies, we found that the type of question (i.e., low-level vs. high-level) affected the reading strategies used by the students, but the same was not true for the type of target sentence. The results showed that elaborations were higher for high-level questions and paraphrases were more frequent for low-level questions. Although students can paraphrase text ideas when answering high-level questions, this type of question invites students to go beyond the text by introducing a hypothetical situation that enhances students' elaboration of text ideas, while low-level questions lead students to explicit few text ideas. In contrast, the types of target sentences did not orient the students' processing when self-explaining, so the elaborations were less frequent for global target sentences compared to local target sentences, but paraphrasing was the main reading strategy used by students in both types of target sentences. Therefore, the results suggest that QA can be envisaged as a closely-defined activity by question-type induced processing (Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019), whereas SE is a loosely-defined learning activity, in which the generation of elaborations

may be more influenced by intrapersonal factors (e.g., prior knowledge) than by the type of target sentence. This issue was also examined in this experiment.

The students' prior knowledge has a great influence on the understanding and learning from science text (e.g., Bohn-Gettler & Kendeou, 2014; Cromley et al., 2010). However, we hypothesized that its influence may be different depending on the learning activity, at least for the generation of inferential strategies (i.e., elaborations). Our findings confirmed that the relationship between the learning activity and the total of elaborations was moderated by the students' prior knowledge. We found that the elaborations for the SE condition increased based on students' prior knowledge, i.e., the higher the students' prior knowledge, the higher the generation of both correct and incorrect elaborations. However, the elaborations were less affected by the students' prior knowledge for QA activity. Further, students with low and medium prior knowledge made significantly more elaborations for QA compared to SE, although the difference was only significant for the incorrect ones. These findings suggest that the role of the students' prior knowledge in the generation of elaborations is more important for SE than for QA. For SE, high-knowledge students can make more elaborations (i.e., both correct and incorrect) and form a situational model while reading, but low-knowledge students have difficulties in generating elaborations and compensating for their conceptual gaps (McNamara, 2001, 2004; McNamara & Kintsch, 1996; McNamara & Magliano, 2009a). For QA, low-knowledge students were able to make as many elaborations as high-knowledge students, so the availability of the text and the reasoning processes for using the text information may compensate for the lack of students' prior knowledge (Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017; Mosenthal, 1996; Ozuru et al., 2007). However, the students' prior knowledge influences the accuracy of the inferential strategy for answering questions. One important point to be mentioned is that we do not know if low-knowledge students

generated more incorrect elaborations due to the effect of high-level questions. Perhaps this type of question forced the generation of elaborations, but low-knowledge students made them incorrectly because they did not have sufficient prior knowledge in science. Future research should address this issue.

Our research has some limitations. First, we cannot assume the same results for all kinds of questions. The beneficial effects of QA depend on the type of question posed to the students. Other questions (e.g., literal questions) may contribute less to learning than SE activity. Secondly, the information students read was not exactly the same between SE and QA conditions. High-level questions give additional information that invites the student to go beyond the text (e.g., “*what would have happened to the mercury in the tube if Torricelli's experiment was replicated on Everest?*”), but SE students did not read this information, and it is very unlikely that they think on a situation like this one when reading the text. This feature may favor QA over SE. We do not know what would happen if that information was included in the global target sentences to be self-explained. Thirdly, SE and QA activities analyzed in both experiments have different timing. While SE activity is performed in a continuous, ongoing and piecemeal way, QA is a post-reading learning activity in this experiment. Presenting questions inserted in the text may produce differences in the inferential activity and the rereading efficiency compared to QA and SE. These three limitations should be addressed in future studies.

In sum, results from the two experiments suggest that QA and SE are equally effective for learning complex conceptual knowledge from science texts, although different mechanisms may act on each learning activity. While QA orients the student's processing and learning through the questions presented by the teacher, SE helps students to build a coherent mental representation of the text during reading based on their prior knowledge.

These findings have several implications for teaching practice. Teachers can use these two learning activities depending on the students' prior knowledge and the need to guide the students' processing. For QA, teachers play a key role in making this learning activity effective for learning. They have to design good questions, which is not an easy task (Graesser et al., 2010). For QA design, teachers are required to: clarify the conceptual learning objectives (i.e., what concepts or ideas students must understand and recall), analyze and recognize relevant text information, design questions according to key conceptual learning, and be aware of the cognitive processes needed to answer each question to try to foster the inferential activity. In contrast, the design of SE is less demanding for teachers. They should only select key target sentences that help the student form a coherent mental representation of the text. This evidence is important because SE activity requires less effort from the teacher for design, but this activity is as effective for learning as the QA activity presented to students in this research. Moreover, the student's prior knowledge level should be considered to propose SE or QA. When students' prior knowledge is high, asking SE instead of QA may contribute more to learning because of the loosely-defined, continuous and sequential processing, as well as the absence of limits to generate elaborations. For low-knowledge students, QA may be more advisable than SE because it would allow the teacher to orient the students' learning to relevant information.

References

- Agarwal, P. K. (2019). Retrieval practice & Bloom's taxonomy: Do students need fact knowledge before higher order learning? *Journal of Educational Psychology, 111*(2), 189–209. doi:10.37/edu0000282
- Anderson, R. C. (1994). Role of the reader's schema in comprehension, learning, and memory. In R. B. Ruddell, M. R. Ruddell, & H. Singer (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (pp. 469–482). Newark, DE: International Reading Association. (Reprinted from *Learning to read in american schools: Basal readers and content texts*, by Anderson et al., Eds., 1984, Hillsdale, NJ: Erlbaum).
- Anderson, R. C., & Pearson, P. D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 255-291). New York, NY: Longman.
- Barrio-Cantalejo, I., Simón-Lorda, P., Melguizo, M., Escalona, I., Marijuán, M. I., & Hernando, P. (2008). Validación de la Escala INFLESZ para evaluar la legibilidad de los textos dirigidos a pacientes. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra, 31*(2), 135–152.
- Bisra, K., Liu, Q., Nesbit, J. C., Salimi, F., & Winne, P. H. (2018). Inducing self-explanation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review, 30*, 703-725. doi:10.1007/s10648-018-9434-x
- Bohn-Gettler, C. M., & Kendeou, P. (2014). The interplay of reader goals, working memory, and text structure during reading. *Contemporary Educational Psychology, 39*(3), 206-219. doi:10.1016/j.cedpsych.2014.05.003
- Britt, M. A., Rouet, J.-F., & Durik, A. (2018). *Literacy beyond text comprehension: A theory of purposeful reading*. New York, NY: Routledge.

- Cerdán, R., Gil, L., & Vidal-Abarca, E. (2011). Question-driven processing in single and multiple texts. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Eds.), *Text relevance and learning from text* (pp. 295–319). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Cerdán, R., & Vidal-Abarca, E. (2008). The effects of tasks on integrating information from multiple documents. *Journal of Educational Psychology, 100*(1), 209–222. doi:10.1037/0022-0663.100.1.209
- Cerdán, R., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gilabert, R., & Gil, L. (2009). Impact of question-answering tasks on search processes and reading comprehension. *Learning and Instruction, 19*(1), 13–27. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.12.003
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science* (Vol. 5, pp. 161–238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science, 18*(3), 439–477. doi:10.1207/s15516709cog1803_3
- Chiesi, H. L., Spilich, G. J., & Voss, J. F. (1979). Acquisition of domain-related information in relation to high and low domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 18*(3), 257–273. doi:10.1016/S0022-5371(79)90146-4

- Coté, N., Goldman, S. R., & Saul, E. U. (1998). Students making sense of informational text: Relations between processing and representation. *Discourse Processes*, 25(1), 1–53. doi:10.1080/01638539809545019
- Cromley, J. G., Snyder-Hogan, L. E., & Luciw-Dubas, U. A. (2010). Reading comprehension of scientific text: A domain-specific test of the direct and inferential mediation model of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 687–700. doi:10.1037/a0019452
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & 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. doi:10.1177/1529100612453266
- Farr, R., Pritchard, R., & Smitten, B. (1990). A description of what happens when an examinee takes a multiple-choice reading comprehension test. *Journal of Educational Measurement*, 27(3), 209–226. doi:10.1111/j.1745-3984.1990.tb00744.x
- Ferrer, A., Vidal-Abarca, E., Serrano, M. Á., & Gilabert, R. (2017). Impact of text availability and question format on reading comprehension processes. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 404–415. doi:10.1016/j.cedpsych.2017.10.002
- Fisher, C. W., & Berliner, D. C. (1985). *Perspectives on instructional time*. New York: Longman.
- Fonseca, B., A. & Chi, M. T. H. (2011). Instruction based on self-explanation. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Educational psychology handbook: Handbook of research on learning and instruction* (pp. 296-321). New York, NY: Routledge Press.

- Gettinger, M., & Ball, C. (2007). Best practices in increasing academic engaged time. In A. Thomas & J. Grimes (Eds.), *Best practices in school psychology V* (pp. 1043–1075). Bethesda, MD: National Association of School Psychologists.
- Goldman, S. R., & Durán, R. P. (1988). Answering questions from oceanography texts: Learner, task, and text characteristics. *Discourse Processes*, *11*(4), 373–412. doi:10.1080/01638538809544710
- Graesser, A. C., Ozuru, Y., & Sullins, J. (2010). What is a good question? In M. G. McKeown & L. Kucan (Eds.), *Bringing reading research to life* (pp. 112–141). New York, NY: Guilford Press.
- Griethuijsen, R. A. L. F., van Eijck, M. W., Haste, H., den Brok, P. J., Skinner, N. C., Mansour, N., ... BouJaoude, S. (2014). Global patterns in students' views of science and interest in science. *Research in Science Education*, *45*(4), 581–603. doi:10.1007/s11165-014-9438-6
- Hayes, A. F. (2018). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis*. New York, NY: The Guilford Press.
- Higgs, K., Magliano, J. P., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., & McNamara, D. S. (2017). Bridging skill and task-oriented reading. *Discourse Processes*, *54*(1), 19–39. doi:10.1080/0163853X.2015.1100572
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, *95*(2), 163–182. doi:10.1037/0033-295X.95.2.163
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Máñez, I. (2019). *Processing and effectiveness of formative feedback to increase comprehension and learning of conceptual knowledge in digital environments* (Doctoral dissertation, University of Valencia, Valencia, Spain). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1797354>
- McCrudden, M. T., & Schraw, G. (2007). Relevance and goal-focusing in text processing. *Educational Psychology Review, 19*(2), 113–139. doi:10.1007/s10648-006-9010-7
- McNamara, D. S. (2001). Reading both high-coherence and low-coherence texts: Effects of text sequence and prior knowledge. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale, 55*(1), 51–62. doi:10.1037/h0087352
- McNamara, D. S. (2004). SERT: Self-explanation reading training. *Discourse Processes, 38*(1), 1–30. doi:10.1207/s15326950dp3801_1
- McNamara, D. S. (2017). Self-explanation and reading strategy training (SERT) improves low-knowledge students' science course performance. *Discourse Processes, 54*(7), 479–492. doi:10.1080/0163853X.2015.1101328
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. (1996). Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes, 22*(3), 247–288. doi:10.1080/01638539609544975
- McNamara, D. S., Levinstein, I. B., & Boonthum, C. (2004). iSTART: Interactive strategy training for active reading and thinking. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 36*(2), 222–233. doi:10.3758/BF03195567
- McNamara, D. S., & Magliano, J. P. (2009a). Self-explanation and metacognition: The dynamics of reading. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education* (pp. 60–81). Mahwah, NJ: Erlbaum.

- McNamara, D. S., & Magliano, J. P. (2009b). Towards a comprehensive model of comprehension. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 51, pp. 297–384). New York, NY: Elsevier Science.
- McNamara, D. S., O'Reilly, T. P., Best, R. M., & Ozuru, Y. (2006). Improving adolescent students' reading comprehension with iSTART. *Journal of Educational Computing Research*, *34*, 147–171. doi: 10.2190/1RU5-HDTJ-A5C8-JVWE
- Mosenthal, P. B. (1996). Understanding the strategies of document literacy and their conditions of use. *Journal of Educational Psychology*, *88*(2), 314–332. doi:10.1037/0022-0663.88.2.314
- 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. doi:10.1080/02568543.2010.531076
- Ozuru, Y., Best, R., Bell, C., Witherspoon, A., & McNamara, D. S. (2007). Influence of question format and text availability on the assessment of expository text comprehension. *Cognition and Instruction*, *25*(4), 399–438. doi:10.1080/07370000701632371
- Ozuru, Y., Briner, S., Best, R., & McNamara, D. S. (2010). Contributions of self-explanation to comprehension of high-and low-cohesion texts. *Discourse Processes*, *47*(8), 641–667. doi:10.1080/01638531003628809
- Rothkopf, E. Z. (1982). Adjuncts aids and the control of mathemagenic activities during purposeful reading. In W. Otto & S. White (Eds.), *Reading expository material* (pp. 109–138). New York, NY: Academic Press.
- Rouet, J.-F. (2006). *The skills of document use: From text comprehension to web-based learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Rouet, J.-F., Britt, M. A., & Durik, A. M. (2017). RESOLV: Readers' representation of reading contexts and tasks. *Educational Psychologist*, 52(3), 200–215. doi:10.1080/00461520.2017.1329015
- Rouet, J.-F., & Vidal-Abarca, E. (2002). "Mining for meaning": Cognitive effects of inserted questions in learning from scientific text. In J. Otero, J. A. León, & A. C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 417–436). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rouet, J.-F., Vidal-Abarca, E., Bert-Erboul, A. B., & Millogo, V. (2001). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Processes*, 31(2), 163–186. doi:10.1207/S15326950DP3102_03
- Roy, M., & Chi, M. T. H. (2005). The self-explanation principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 271–286). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rupp, A. A., Ferne, T., & Choi, H. (2006). How assessing reading comprehension with multiple-choice questions shapes the construct: A cognitive processing perspective. *Language Testing*, 23(4), 441–474. doi:10.1191/0265532206lt337oa
- Sánchez, E., & García, J. R. (2015). Understanding teachers as learners in reading comprehension mentoring. In H. Tillema, G. J. van der Westhuizen, & K. Smith (Eds.), *Mentoring for learning: "Climbing the mountain"* (pp. 227–255). Rotterdam, The Netherlands: SensePublishers.
- Sánchez, E., García, R., & Rosales, J. (2010). *La lectura en el aula: qué se hace, qué se debe hacer y qué se puede hacer* [Reading in the classroom: What to do, what must we do, and what can be done]. Barcelona: Graó.

- Schworm, S., & Renkl, A. (2006). Computer-supported example-based learning: When instructional explanations reduce self-explanations. *Computers & Education, 46*(4), 426–445. doi:10.1016/j.compedu.2004.08.011
- Shapiro, A. M. (2004). How including prior knowledge as a subject variable may change outcomes of learning research. *American Educational Research Journal, 41*(1), 159–189. doi:10.3102/00028312041001159
- Siegler, R. (2002). Microgenetic studies of self-explanation. In N. Garnott & J. Parziale (Eds.), *Microdevelopment: Transition processes in development and learning* (pp. 31–58). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Snow, C. E., Burns, M., & Griffin, P. (1998). *Preventing reading difficulties in young children*. Washington, DC: National Academy Press.
- van den Broek, P., Tzeng, Y., Risdien, K., Trabasso, T., & Basche, P. (2001). Inferential questioning: Effects on comprehension of narrative texts as a function of grade and timing. *Journal of Educational Psychology, 93*(3), 521–529. doi:10.1037/0022-0663.93.3.521
- van den Broek, P., Young, M., Tzeng, Y., & Linderholm, T. (1999). The landscape model of reading: Inferences and the one-line construction of memory representation. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading* (pp. 71–98). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Vidal-Abarca, E., Mañá, A., & Gil, L. (2010). Individual differences for self-regulating task-oriented reading activities. *Journal of Educational Psychology, 102*(4), 817–826. doi:10.1037/a0020062
- Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gil, L., García, A., & Máñez, I. (2019). Learning tasks in electronic environments: Advances towards interactive eTextbooks. In K. Millis, D. L. Long, J. P.

Magliano, & K. Wiemer (Eds.), *Deep comprehension: Multidisciplinary approaches to understanding, enhancing, and measuring comprehension* (pp. 99–113). New York, NY: Routledge.

Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Salmerón, L., Cerdán, R., Gilabert, R., Gil, L. ... Ferris, R. (2011). Recording online processes in task-oriented reading with Read&Answer. *Behavior Research Methods*, 43(1), 179–192. doi:10.3758/s13428-010-0032-1

Vidal-Abarca, E., Rouet, J.-F., & Gilabert, R. (2005). El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias [The role of interspersed questions in science texts]. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 129–148.

CHAPTER 3

STUDY 3: EFFECT OF INSERTED QUESTIONS ON PROCESSING AND EFFECTIVENESS FOR LEARNING COMPLEX CONCEPTUAL KNOWLEDGE: A COMPARISON WITH QUESTION-ANSWERING AND SELF-EXPLANATIONS

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of inserted questions on processing and effectiveness for learning complex conceptual knowledge compared to question-answering after reading and to self-explain text sentences covering the same information as questions. We also examine the effect of the type of question or target sentence and the students' prior knowledge on generating elaborations. Freshmen studied two science texts using one of these three learning activities (i.e., answering inserted questions, answering questions after reading, self-explanations). Five days later, students' learning was assessed. We hypothesized that inserted questions would induce more accurate elaborations and more efficient use of text information than the other two learning activities. The results confirmed our main hypotheses. Inserted questions induced students to generate more correct elaborations than question-answering after reading and self-explanation activities, as well as fewer incorrect elaborations than answering post-reading questions. For both question conditions, the generation of elaborations was more influenced by high-level questions than by the students' prior knowledge, whereas the opposite was true for the self-explanation condition. Likewise, inserted questions helped low-knowledge students to generate fewer incorrect elaborations compared to students who answered questions after reading. Students' task behavior while task performance was also different among the experimental conditions. Inserted questions prompted more time rereading relevant information than non-relevant, whereas the opposite effect was found for the other two learning activities. Consequently, answering inserted questions was the most effective learning activity. Educational implications are discussed.

Keywords: question-answering, self-explanation, inserted questions, reading strategies, prior knowledge.

1. INTRODUCTION

Learning complex conceptual knowledge requires generating connections between new information and prior knowledge via elaborations, but students usually have problems to generate this reading strategy while studying science texts (e.g., Best, Rowe, Ozuru, & McNamara, 2005; McNamara, 2004; Rouet & Vidal-Abarca, 2002). In this study, we have a special interest in identifying which activities can enhance students' learning. Two previous experiments have tested the processing and effectiveness of two learning activities based on different theoretical approaches, i.e., to answer questions after reading the text and to self-explain target sentences while reading covering the same information as questions (Rubio, Vidal-Abarca, Martínez & Serrano-Mendizábal, 2020). While self-explanation activity aims to help students to construct a coherent mental model of text information, the question-answering activity is based on asking questions that guide students to process the information relevant to understand complex concepts and ideas. Therefore, comprehension models (e.g., Kintsch, 1998; van den Broek, Young, Tzeng, & Linderholm, 1999) provide an appropriate framework to understand the effectiveness of self-explanation processes (e.g., forming and relating ideas, activating relevant prior knowledge, making inferences) needed to understand a text (Ozuru, Briner, Best, & McNamara, 2010). However, task-oriented reading models, such as goal-focusing (McCrudden & Schraw, 2007) and RESOLV (Rouet, Britt, & Durik, 2017), provides an appropriate framework for question-answering processes (e.g., accessing and processing text relevant information).

In the two previous experiments mentioned (Rubio et al., 2020), secondary school students were randomly divided into two groups. While approximately half of them self-explained target text sentences while reading, the other half answered high- and low-level questions to enhance learning after an initial reading of the text. Target sentences and questions covered the same

information in the text. During the study phase, several measures were recorded to examine the students' processing. Subsequently, one (Experiment 1) or two days later (Experiment 2), the students' learning was assessed with a posttest of questions parallel to the questions and target sentences of the study phase. Both experiments showed important processing differences between question-answering and self-explanation for reading strategies, students' responses and task behavior. However, both learning activities were equally effective for learning complex conceptual knowledge. Would we expect similar results if the questions were inserted into the text? The specific goal of this study was to answer this question.

We assumed that inserted questions may modify some essential question-answering processes at the same time that it enhances comprehension processes for learning complex conceptual knowledge (e.g., inferential and retrieval processes). Accordingly, a group of college students studied two science texts through one of these three learning activities: inserted questions (IQ), question-answering after reading (QA), and self-explanations (SE). Questions were identical for both IQ and QA, although they were presented immediately after the relevant information in the IQ condition rather than after reading the whole text in the QA condition. All experimental conditions had the text available during the task. The general objective of this study was to examine in detail the processing induced by these three experimental conditions, which may have important implications for educational practice. In the following sections, we explain in detail the different learning activities and their impact on processing.

1.1. Self-explanation activity to improve conceptual learning

Asking students to self-explain a text sentence (i.e., target sentence) involves explaining it in their own words as they read (Chi, 2000; Chi, De Leeuw, Chiu, & Lavancher, 1994; McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009). This learning activity aims to make students provide

meaning to the information they are currently reading to facilitate the formation of a coherent mental representation of the text (Chi, 2000; Chi et al., 1994; Fonseca & Chi, 2011). Hence, SE is an activity guided by the mental model that the student is constructing while reading the text (Chi, 2000). Therefore, SE processing is more related to comprehension processes (e.g., forming ideas, activating prior knowledge, relating sentences), so the final mental representation depends on the active processing and cognitive operations that students perform (Chi, 2000, 2008; McNamara, 2004; McNamara & Magliano, 2009). This type of processing may influence the number of ideas the students include in their responses, their reading strategies and their task behavior. For example, to self-explain a text sentence about the definition of atmospheric pressure (e.g., “*Atmospheric pressure is the force exerted, at a particular point, by the weight of the column of air extending above that point, to the upper limit of the atmosphere*”), the student may include such prior text ideas as “*the atmosphere is the layer that surrounds the Earth*”, “*the air in the atmosphere weighs 5500 tons*”, or “*everybody is under the atmospheric pressure*”.

Several studies reveal that the main strategy used by students to self-explain is paraphrasing the text (McNamara, 2004). However, paraphrasing might be more frequent for *local* than for *global* target sentences. In one of the previous experiments just mentioned (Rubio et al., 2020, Experiment 2), we analyzed this point. Local target sentences (e.g., “*Atmospheric pressure is the force exerted, at a particular point, by the weight of the column of air extending above that point, to the upper limit of the atmosphere*”, S1) included important and specific ideas (e.g., definitions). This type of sentence may lead students to paraphrase the target sentence or few previous ideas rather than to generate elaborations. However, global target sentences are connected to multiple segments previously read (e.g., “*For this reason, if we were to try to replicate Torricelli's experiment at the top of Everest, instead of at sea level as the original experiment, the amount of*

mercury that would come out of the tube would vary”). This type of target sentence may invite the student to generate inferences between these multiple distant ideas or even transfer relevant information from the text to situations not explicitly explained in the text (e.g., Torricelli's experiment on Everest). Hence, global target sentences may lead the student to go beyond the text, which would have benefits for learning even after generating incorrect elaborations. For SE, incorrect elaborations are learning opportunities because the student continues to read correct information from the text, so she has many opportunities to notice the conceptual error and repair it (Chi et al., 1994; McNamara, 2004). Despite these arguments, we found no differences in reading strategies when self-explaining local and global target sentences. Actually, paraphrasing was the main reading strategy used in both types of target sentences. Maybe this could be explained by the nature of the SE (Rubio et al., 2020).

The nature of SE may influence students' responses and task behavior. The responses to target sentences depend on the mental model that students construct in a continuous, sequential and piecemeal way (Chi, 2000; Chi et al., 1994). This could explain why the content of students' self-explanations is unpredictable, variable and ranges widely (Bisra, Liu, Nesbit, Salimi, & Winne, 2018; Chi, 2000; Roy & Chi, 2005; Siegler, 2002). The two previous experiments also showed that SE responses included many different text and inferential ideas, which involve more time responding. These arguments could indicate that SE is a loosely-defined activity (Rubio et al., 2020).

The effectiveness of SE may be highly influenced by the students' prior knowledge, which may encourage the generation of inferences. Generally, SE usually helps students to fill in the omissions of information in the text and to compensate for their misconceptions or conceptual gaps in knowledge (Chi, 2000; Roy & Chi, 2005). Prior knowledge facilitates multiple comprehension

processes, e.g., understanding the ideas in the text without overloading the working memory, the generation of inferences, and the formation of more integrated macroideas (Kintsch, 1988, 1998). Hence, high-knowledge students may generate elaborations to compensate for their conceptual gaps in knowledge and to construct a coherent mental representation, whereas low-knowledge readers may focus on understanding the text ideas rather than generating elaborations (e.g., McNamara, 2001, 2004; McNamara & Kintsch, 1996; McNamara & Magliano, 2009). Rubio et al. (2020, Experiment 2) showed that the generation of elaborations was more influenced by the student's prior knowledge than by the type of target sentence, i.e., local or global. Thus, the higher the students' prior knowledge, the higher correct and incorrect elaborations they generated in order to construct a coherent and integrated mental representation.

1.2. Question-answering to improve conceptual learning

QA is a learning activity oriented by specific relevance instructions (i.e. questions), which help the student process and learn the information relevant to answer the questions (McCrudden & Schraw, 2007; van den Broek, Tzeng, Ridsen, Trabasso, & Basche, 2001). The processing of this learning activity can be considered as a reading situation to solve the problems posed by the questions (Britt, Rouet, & Durik, 2018; Rouet et al., 2017). Therefore, task-oriented reading models (e.g., McCrudden & Schraw, 2007; Rouet, 2006; Rouet et al., 2017) and specific models for the question-answering activity (e.g., Vidal-Abarca, Martínez, Gil, García, & Máñez, 2019) are used to describe the sequence of processes and decisions of the student to answer a question. Students form a task model from reading the question (e.g., “*What causes atmospheric pressure?*”), which guides their processes and decisions to search for information in the memory or in the text to answer. This task model also guides the search process, i.e., the access and the use of information to answer the question. Thus, forming a good task representation, identifying,

selecting, and processing the relevant information for the question is key to answer questions (Vidal-Abarca et al., 2019). We assume that this closely-defined processing may have implications for the students' responses, the students' task behavior, and the reading strategies used by students depending on the type of question.

It is important to note that the type of question influences the reading strategies and the effectiveness for learning (e.g., Cerdán, Gil, & Vidal-Abarca, 2011; Cerdán, Vidal-Abarca, Martínez, Gilabert, & Gil, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet, Vidal-Abarca, Erbou, & Millogo, 2001; Vidal-Abarca et al., 2019; Vidal-Abarca, Rouet, & Gilabert, 2005). While low-level questions (e.g., *“What causes atmospheric pressure?”*, Q1) may lead students to focus their attention on one or two specific text segments and paraphrase their relevant ideas as a function of the question goal; high-level questions (e.g., *“If Torricelli's experiment were replicated at the top of Everest, would more or less mercury come out of the tube into the bucket? Why?”*, Q2) may direct the learner to address multiple and distant text segments, activate the relevant prior knowledge related to the question goal and generate inferences beyond the text information (i.e., elaborations). This classification has been widely used in QA studies (e.g., Andre, 1979; Cerdán et al., 2011, 2008; Cerdán & Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Halpain, Glover, & Harvey, 1985; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019; Wilhite, 1985). Experiment 2 showed that the type of question affected students' reading strategies. Therefore, paraphrases were more frequent than elaborations for low-level questions, while elaborations were more frequent than paraphrases for high-level questions. These results are consistent with previous studies (e.g., Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019).

The nature of QA may influence students' responses and task behavior. When students answer questions with the text available, they tend to perform a quick and superficial initial reading

(Ferrer, Vidal-Abarca, Serrano, & Gilabert, 2017; Higgs, Magliano, Vidal-Abarca, Martínez, & McNamara, 2017). When they later read the question, they are likely to have difficulties retrieving the relevant information, so that they may need to search for it in the text. Therefore, rereading information would be very likely when answering questions, which may limit the processing to the revision of text information that has not been recognized from the initial reading rather than understanding the text as a whole (Farr, Pritchard, & Smitten, 1990; Rupp, Ferne, & Choi, 2006; van den Broek et al., 2001). Rubio et al. (2020) found that QA required more time reading the question and more time rereading the text than SE, but this learning activity did not require much time responding because students included the few text and inferential ideas needed to response the task model (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). These arguments could indicate that QA is a closely-defined activity (Rubio et al., 2020).

The nature of QA activity may also explain the role of students' prior knowledge on the integration of the new information with the previous learning (i.e., elaboration). The text availability and the skills to use the information in the text may reduce the importance of students' prior knowledge for learning from the text (e.g., Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017; Mosenthal, 1996; Ozuru, Best, Bell, Witherspoon, & McNamara, 2007). Rubio et al. (2020, Experiment 2) found that the generation of elaborations was more influenced by the type of question than by the students' prior knowledge. Low-knowledge students generated as many elaborations as high-knowledge students because they were able to compensate for their lack of prior knowledge with inferential skills, although sometimes they were incorrect. The role of the type of question may explain this issue. Regardless of students' prior knowledge, high-level questions require manipulating and connecting multiple segments of information via complex inferences, in addition to application or transfer to hypothetical situations not explicit in the text (e.g., Cerdán et al., 2011,

2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). However, low-knowledge students are more likely to make incorrect elaborations because they are forced to generate them without sufficient prior knowledge, so they may have trouble handling multiple segments of text simultaneously, relating the relevant ideas, and correctly applying this set of information to new situations (Kintsch, 1988, 1998).

1.3. Contribution of inserting questions for learning

Inserting questions (IQ) in a text may favor the retrieval of text information, which may have an impact on the access, selection and connection of relevant information to answer the questions. Inserted questions are also known as *embedded questions* or *adjunct questions* (Dornisch, 2012; Nguyen & McDaniel, 2014). The key difference between IQ and QA as learning activities is the *timing* of the question, which may lead to important differences in students' processing and learning. Although the task model of the question might be very similar for QA and IQ, the effectiveness of both activities for learning may be different due to the timing effect. van den Broek et al. (2001) analyzed the effect of IQ and QA with short narrative texts, although students did not have the text available because one of the main goals was to understand how the timing of inferential questions may influence the effectiveness for text recall. The results showed that IQ enhanced the recall of the relevant information to answer the question for college students. For younger and inexperienced learners, answering questions during reading entailed an additional processing burden that competed with the basic reading and comprehension processes (e.g., decoding, meaning extraction).

The effectiveness of IQ for learning has been widely demonstrated (e.g., Carrier & Fautsch-Patridge, 1981; Kintsch, 1979; Nguyen & McDaniel, 2014; Schumacher, Moses, & Young, 1983; van den Broek et al., 2001). Learning can increase if the question is asked after the relevant

information (Hamaker, 1986; Rickards & Di Vesta, 1974). Pre-inserted questions are often less effective because they limit the learning task to search for information in the text, while post-inserted questions guide text revision (Rickards & Di Vesta, 1974; Rothkopf & Bisbicos, 1967). Likewise, IQ processing is more active and the interaction between the text and the question is more dynamic compared to QA (Schumacher et al., 1983). When students are faced with the IQ activity, they can modify their attention and comprehension processes as they read (van den Broek et al., 2001, 1999), also as a consequence of the instructional orientation of the questions. This type of processing induces more changes, corrections and updates of the mental model compared to QA, an activity in which learners have already constructed a quite fixed text representation when they read the question (Robertson, Black, & Lehnert, 1985; van Oostendorp & Goldman, 1999). In addition, the short delay between reading and questioning may contribute to students' recall because it facilitates the access and retrieval of textual information (e.g., Carrier & Fautsch-Patridge, 1981; Rickards & Di Vesta, 1974). Consequently, IQ may not induce much rereading time because the students have the information quite active in their memory. However, if the students decided to search the text, they would be very efficient in locating, identifying and selecting the relevant ideas, since the text is narrowed by the placement of the questions.

Another reason for the effectiveness of IQ is the continuous, ongoing and piecemeal processing. The nature of IQ may encourage the generation of inferences between relevant text ideas while reading the text (Olson, Duffy, & Mack, 1985). It may be more beneficial for answering high-level questions and for low-knowledge students. Answering a high-level question requires reviewing and integrating multiple text ideas with the students' relevant prior knowledge (Vidal-Abarca et al., 2019), which involves deep understanding (Rouet & Vidal-Abarca, 2002). Hence, the continuous, ongoing and piecemeal processing may facilitate some of the processes

required by high-level questions (e.g., connecting distant relevant ideas) and help students generate more accurate elaborations.

1.4. The current study

This study incorporates some improvements with respect to the two previous experiments (Rubio et al., 2020). The key change was the new experimental condition, i.e., inserted questions. Moreover, we try to equate the information available in both question conditions and the self-explanation condition. Therefore, we introduced the information related to hypothetical situations (e.g., “*what would happen if we performed the Torricelli's experiment on Everest?*”) into the text coinciding with the global target sentences to be self-explained. After measuring the students’ science prior knowledge, freshmen were distributed into one of these three conditions: inserted question (IQ), question-answering after reading (QA) and self-explanation (SE). Five days later, the students’ final learning was assessed through short-answer questions.

The main goals of this study were to examine the effects of IQ on the cognitive processes and the final learning in comparison to QA and SE. The secondary goals were to examine the effect of IQ on the reading strategies induced by the type of question, as well as to explore the influence of IQ on the accuracy and the generation of elaborations depending on the level of the students’ prior knowledge and the type of question. We will address these objectives by examining the impact of IQ on processing and students’ task behavior as compared to QA and SE.

We first hypothesized that IQ would induce better reading strategies compared to QA and SE (Hypothesis 1). As inserting questions in the text would facilitate the students’ connection of relevant information, we predicted that IQ would induce fewer incorrect elaborations than QA, as well as more correct elaborations than QA and SE. Given the improvements in the retrieval of relevant information and the inferences between text ideas, our second hypothesis was that IQ

would induce more correct and fewer incorrect elaborations than QA, especially for the high-level questions (Hypothesis 2). We also expected to validate the impact of the type of question or target sentence on the students' reading strategies (Rubio et al., 2020). For IQ and QA, high-level questions would induce students to generate more elaborations rather than paraphrases, whereas the opposite would be true for low-level questions. We would not expect an effect so pronounced between global and local target sentences because SE is an activity loosely-defined by the task instructions (Rubio et al., 2020). Further, we hypothesized that IQ would encourage low-knowledge students to generate more correct elaborations and fewer incorrect elaborations when answering high-level questions compared to QA (Hypothesis 3). According to the results of Rubio et al. (2020, Experiment 2), we expected that the generation of elaborations would be more influenced by the type of question than by the students' prior knowledge for both IQ and QA, while the elaborations induced by SE would be more dependent on students' prior knowledge than on the type of target sentence. Our fourth hypothesis was that IQ would make students' task behavior more efficient in comparison to QA and SE (Hypothesis 4). We formulated three predictions: first, IQ would make the access and selection of relevant information more efficient in comparison to QA and SE (i.e., more time rereading relevant information than non-relevant), second, IQ, as well as SE, would reduce the time spent rereading the text in comparison to QA because of the short time between the first reading and task performance; third, IQ, but also QA, would induce less response time than SE because both question conditions would make students focus on the relevant information. No specific predictions about time reading the statement were stated because of the change from the general SE statement (e.g. "*Self-explain the sentence in bold type you just read*") to the target sentence to be self-explained. The last hypothesis was that IQ would be more effective for delayed learning than QA and SE, although there would be no difference in the final learning

between QA and SE, as in both previous studies (Hypothesis 5). For IQ, the higher number of correct elaborations and the less time rereading non-relevant information would contribute enhance the student's final learning.

2. METHOD

2.1. Participants

Participants were 126 freshmen from the Faculty of Teacher Training at the University of Valencia (Spain). We excluded three students because of vague responses and eleven for missing sessions. The final sample included 112 participants. The mean student age was 19.37 ($SD = 4.26$) and 75% of the group were female. All participants were native Spanish speakers. The treatment of students' data guaranteed anonymity and followed the guidelines of the Declaration of Helsinki.

The study used a between-subjects design. After assessing students' prior knowledge, participants were randomly assigned to one of the three experimental conditions (IQ, QA, SE) and to the different counterbalanced text orders. There were 39 students in IQ, 37 students in QA and 36 students in SE condition. No difference in prior knowledge between IQ ($M = 8.46$; $SD = 4.64$), QA ($M = 8.59$; $SD = 4.58$) and SE ($M = 9.42$; $SD = 5.04$) was apparent, $F(2, 109) = 0.44$, $p = .648$, $\eta^2_p = .008$.

2.2. Materials

Materials included a prior knowledge test, specific material for the study phase, and a final learning posttest.

The *prior knowledge test* included 30-item about science with three choices (i.e., True/False/ I don't know). This test was composed of general science knowledge items (e.g., "Density is the relationship between mass and volume") and items related to both text topics, i.e.,

Atmospheric Pressure (e.g., “A particle of gas always weighs the same regardless of its temperature”) and *Heat Transmission* (e.g., “Heat can be propagated by conduction both in a material medium and in a vacuum”). These items did not overlap with the text information. Cronbach’s alpha revealed reasonable reliability, $\alpha = .78$ (Taber, 2018).

For the *learning activities* (IQ, QA, SE) we used two science texts with five open-ended questions (for IQ and QA experimental conditions) and five target sentences to be self-explained (for SE experimental condition) for each text. Text topics were the same as Experiment 2 (Rubio et al., 2020), i.e., *Atmospheric Pressure* and *Heat Transmission*, but with the variations derived from adding the information about hypothetical situations of the high-level questions in the global target sentences. For example, S2 included the hypothetical situation (i.e., Torricelli’s experiment on Everest) of Q2. Therefore, all three conditions had the same information available. *Atmospheric Pressure* and *Heat Transmission* consisted of 965 and 895 words in length, respectively. The Flesch-Szigriszt index of text legibility was 68.22 for *Atmospheric Pressure* and 57.19 for *Heat Transmission*, indicating that they were “fairly easy” and “normal” to read according to the INFLESZ Scale (Barrio-Cantalejo et al., 2008). We developed five high-level questions and selected five global sentences (i.e., two for *Atmospheric Pressure* and three for *Heat Transmission*), as well as five low-level questions and five local target sentences (i.e., three for *Atmospheric Pressure* and two for *Heat Transmission*). These ten questions (for IQ and QA conditions) and these ten target sentences (for SE condition) represented the key content of the text (e.g., differences, discoveries) and covered the same text information.

The *final learning posttest* included ten open-ended questions to be responded with the text unavailable. Questions were aligned to the questions and target sentences from the study phase, so the distribution by type of question and by text was the same. Instead of Q2 or S2, the posttest

question was “*Someone tells you: If you replicated Torricelli's experiment on a top of the mountain, less mercury would come out of the tube. Would you agree? Why?*”. Cronbach’s alpha showed acceptable reliability, $\alpha = .65$ (Taber, 2018).

2.3. Apparatus

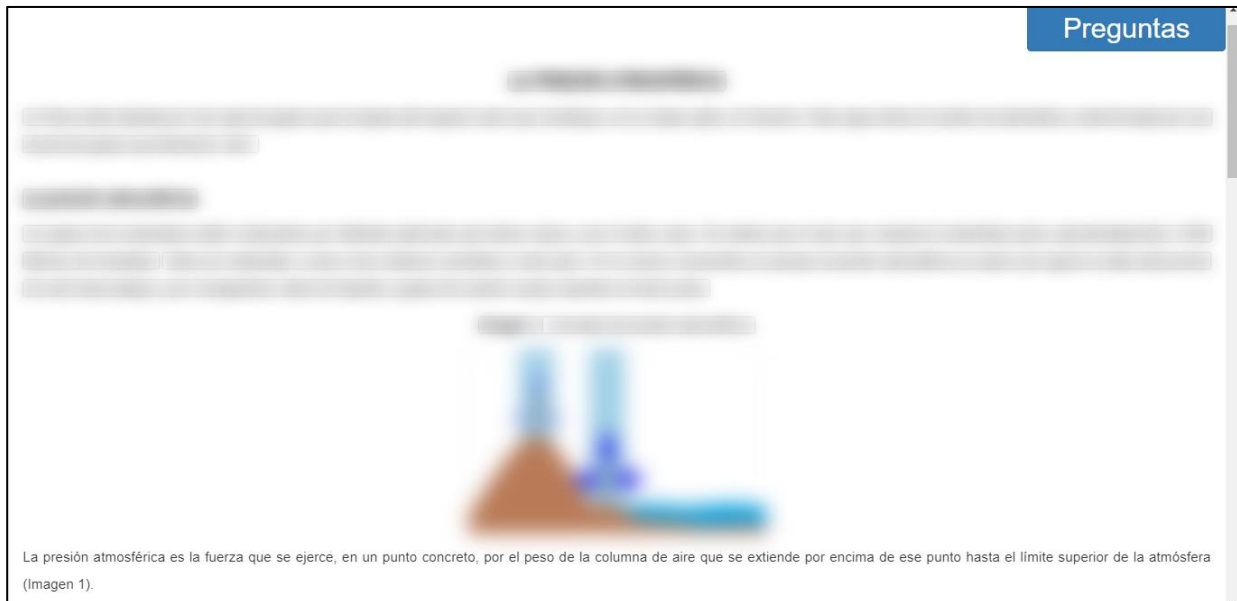
These three learning activities (IQ, QA, SE) were performed on a computer using the software Read&Learn, which records responses to questions and self-explanations as well as each student’s action. It was also used in Rubio et al. (2020, Experiments 1 and 2). Text segments, target sentences and questions were displayed using a masking procedure. All text segments were masked initially. To read a masked segment, students had to click on each one (see Figure 1). This segment remained unmasked until the participant clicked on another segment, then the previous segment masked again. The masking procedure allowed us to record the students' actions, which were then transformed into online processing variables (i.e., time indices). IQ and SE were performed on a single screen because questions and target sentences were inserted into the text (see Figure 1), whereas text and questions were displayed on two separate screens for QA (see Figure 2). All three conditions had the text available to search or reread information at any time during the study phase, but they differed in the way they read the text, reread the text, and the moment they performed the task (i.e., question, target sentence). Whereas QA students first read the whole text, and then clicked on a button to move to the question screen (see Figure 2), IQ and SE students read the text sequentially and clicked on a button to open a pop-up, where students wrote the response to the question or the target sentence to be self-explained. Unlike Experiment 1 and 2 (Rubio et al., 2020), the target sentence was not in bold type in the text, but it was the statement of each SE task (see Figure 1). After answering, SE and IQ students continued reading the text with the same procedure. For rereading the text, IQ and SE conditions just clicked on the

text segments previously read, whereas QA condition required to make a transition between text and question screens through clicking on a button, and then to search for information with the unmasking procedure described above.



Figure 1. Screenshot of SE condition: text screen and target segment unmasked. *Note.* IQ condition was displayed in the same way, but instead of the target sentence, it would have the question.

(2a)



(2b)

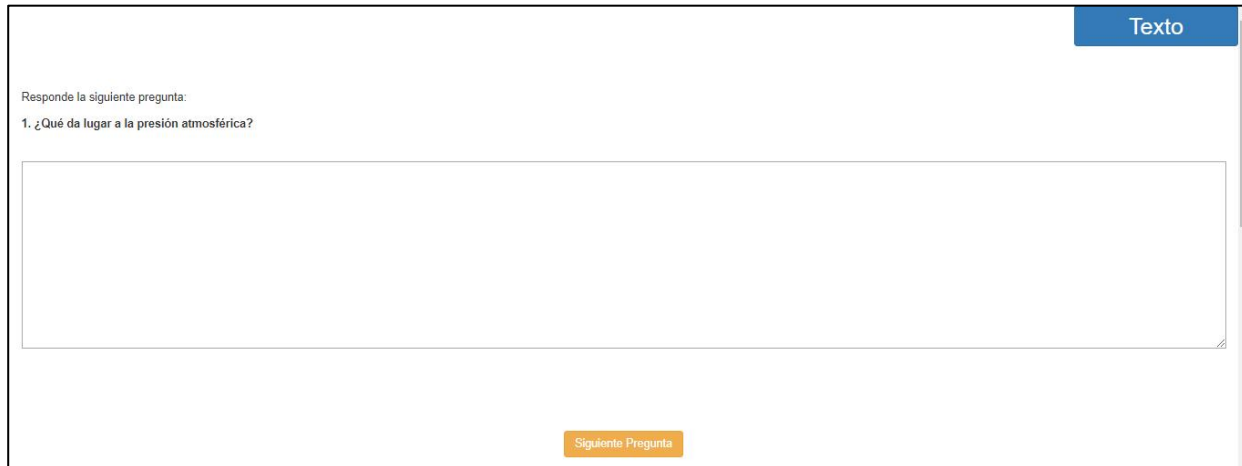


Figure 2. Screenshots of QA condition: (2a) the text screen with a text segment unmasked; (2b) the question screen.

2.4. Procedure

The experiment was conducted in three different sessions. In the first session, students completed the prior knowledge test in a paper-and-pencil format. They were informed that participation in the experimental sessions affected their grades to increase students' commitment to the task. In the second session (i.e., study phase), participants studied the two texts and completed one of the three learning activities (IQ, QA, or SE) using Read&Learn. Before starting the experimental task, students were instructed on how to perform each learning activity and how to use Read&Learn (e.g., how to unmask the text, how to reread the text). While QA students were asked first to read the text and then to answer the questions with the text available, IQ and SE students were instructed to read and performed the task in a continuous and sequential way. SE and IQ students could not advance in the reading of the text if they did not self-explain the target sentence or answered the question. All experimental conditions had specific instructions before starting with an example of the student's response to each task (IQ, QA, SE). In the third session

(i.e., learning assessment phase), students completed the final learning test in a paper-and-pencil format. This session took place five days after the study session.

2.5. Measures

The measures used in this study are divided into three categories: students' prior knowledge, processing measures, and the final learning measures. All these measures were collected per student.

Prior Knowledge (PK) is the students' score in the prior knowledge test. The final score was the students' correct answers minus the errors. Each correct answer was scored with 1 point and each incorrect answer with zero. "I don't know" answers had no negative effect on the total score. The maximum score was 30.

Processing measures were obtained from (a) coding the response protocols (i.e., *total number of ideas* and *reading strategies*), and (b) the time on task indices recorded automatically by Read&Learn while the study phase.

To compute the total number of ideas (*TotIdeas*), two independent raters first divided the two texts into idea-units. Then, they collectively conducted different training sessions coding the students' responses against those idea-units to compute the number of text ideas. The number of inferential ideas was also computed using idea-units. For example, the following response includes one text idea and three inferential ideas: "*The atmospheric pressure is lower as we increase the height* (text idea). *If we carry out the experiment on Everest, more mercury will come out of the tube* (inferential idea 1) *because less force is needed from the mercury* (inferential idea 2), *so that the mercury would stop by equalizing the reduced atmospheric pressure of the mountain* (inferential idea 3)". Therefore, *TotIdeas* is the total number of text and inferential ideas included in the students' responses during the study phase. After the training, they independently coded

around 15% of the sample. Cohen's kappa showed a high degree of agreement among raters, $k = .90$, $p < .001$. Disagreements were resolved through discussion. One of these raters coded the remaining students' responses.

Four reading strategies (*nCoPar*, *nInPar*, *nCoElab*, *nInElab*) were coded from students' responses to the questions or the target sentences in the study phase. First, responses were coded as non-analyzable (NA) when they were too short, incomplete, or with incongruent meaning (e.g., "I don't know", "It explains the atmospheric pressure"), but if the student's response was analyzable, the number of paraphrases and elaborations was counted. *nCoPar* and *nInPar* are the number of correct and incorrect paraphrases included in the students' responses, respectively. *nCoElab* and *nInElab* are the number of correct and incorrect elaborations extracted from the students' responses. We also scored the total number of paraphrases (*TotPar*) and elaborations (*TotElab*), by adding the correct and incorrect paraphrases and elaborations, respectively. The procedure of coding these reading strategies was similar to the coding of *TotIdeas*. After the training sessions, two raters independently coded part of the sample (15 -20%). Cohen's kappa indicated a high degree of agreement among raters, $k = .85$, $p < .001$. The first coder continued coding the reading strategies of the remaining responses after resolving disagreements.

Read&Learn recorded automatically the time (in seconds) for each student's action. We used five time indices: *tRereading* is the total time rereading the text or searching for text information to respond to the question or the target sentence. This measure is the sum of the time rereading relevant information (i.e., *tRelRereading*) and non-relevant information (i.e., *tNonRelRereading*) for the task. *tStatement* is the total time reading the task statement (i.e., question, target sentence). *tResponding* indicates the total time students spend writing their responses.

The *final learning measures* refer to the learning outcomes on the posttest. We differed between the performance on low-level questions (*LowPost*) and high-level questions (*HighPost*). The sum of these two scores is *TotPost*. Each correct response scored 1 point; partial responses scored 0.5; and incorrect 0. The maximum score was 10 for *TotPost* and 5 for each type of question (*LowPost*, *HighPost*). Two coders independently scored around 15% of the sample after some training sessions. Cohen's kappa revealed a high degree of agreement among raters, $k = .88$, $p < .001$. Then, the main coder completed the coding for the remaining responses.

2.6. Data analyses

Statistical analyses were conducted using the SPSS for Windows, version 25. To examine the effects of the learning activities on the students' reading strategies, we conducted a three-way mixed ANOVA with learning activity (QA, IQ, SE) as the between-subjects variable, and type of reading strategy (paraphrase vs. elaboration) and strategy accuracy (correct vs. incorrect) as the within-subjects variables. To analyze the effect of IQ on the reading strategies depending on the type of question, we conducted a three-way mixed ANOVA with type of question or target sentence (low-level, local vs. high-level, global) and elaboration accuracy (*nCoElab* vs. *nInElab*) as the within-subjects variables, and learning activity as the between-subjects variable. Another three-way mixed ANOVA replacing elaboration accuracy by type of reading strategy (*TotPar* vs. *TotElab*) was carried out to analyze the impact of the type of question or target sentence on the students' reading strategies. To explore the influence of IQ on the accuracy and the generation of elaborations depending on the level of the students' prior knowledge and the type of question, we carried out four simple moderation models (i.e., model 1). All models were conducted using the version 3.4. of the macro of PROCESS (Hayes, 2018). Learning activity was entered as an independent variable, the inferential strategies by accuracy and type of question or target sentence

(*nCoElab*, *nInElab* or *TotElab*) as dependent variables, and the students' prior knowledge as a moderating variable. QA was coded as "1", IQ as "2" and SE as "3". As learning activity is the multicategorical independent variable, "Indicator" and "Sequential" options were used to obtain the comparisons between all learning activities. Bias-corrected bootstrap 95% confidence intervals (CIs) based on 10,000 samples were used. The mean of *PK* was centered in order to make the results more interpretable. Regression coefficients are reported in unstandardized form as *b-values*. Tests of significance ($p < .05$) or a confidence interval (not including zero) in the interaction indicated that the effect of learning activity on inferential strategies was moderated by other variables. Conditional effects of learning activity on inferential strategies at values of the moderator (mean and ± 1 standard deviation) were estimated using the "pick-a-point" approach or the analysis of simple slopes. Consequently, -1 SD from the mean, the mean, and +1 SD from the mean represent "low", "medium", and "high" levels of the moderator (*PK*), respectively. The differences in students' task behavior were analyzed through two analyses: one, a two-way mixed ANOVA with learning activity as the between-subjects variable, and relevance of rereading (*tRelRereading*, *tNonRelRereading*) as the within-subjects variable; second, three one-way ANOVAs with some processing measures (i.e., *TotIdeas*, *tStatement* and *tResponding*) as dependent variables, and learning activity as an independent variable. Finally, to test the effectiveness of the experimental conditions for learning, we conducted three one-way ANOVAs with learning activity as the between-subjects variable and learning measures (*TotPost*, *LowPost* and *HighPost*) as the within-subjects variables. Bivariate analyses with Pearson correlation and a stepwise multiple regression analysis for each learning activity were performed to examine the elaboration accuracy and the relevance of rereading as predictors of the students' final learning for IQ condition.

3. RESULTS

3.1. Effect of learning activities on students' reading strategies

The interaction effect among type of reading strategy, strategy accuracy and learning activity was significant, $F(2, 109) = 15.31, p < .001, \eta^2_p = .219$. Table 1 reports the mean values, standard deviations, as well as ANOVAs' results for all reading strategy measures. As we predicted, IQ induced fewer *nInElab* than QA but more *nCoElab* than QA and SE. *nCoPar* and *nInPar* were significantly lower for IQ and QA compared to SE, while both question conditions (IQ, QA) did not differ significantly. For the three learning activities, both correct reading strategies (*nCoPar, nCoElab*) were higher than both incorrect reading (*nInPar, nInElab*), all $ps < .001$.

Table 1

Mean values (M), standard deviations (SD) and ANOVAs' results for reading strategy measures by learning activity

Measure	QA	IQ	SE	$F(2, 109)$	p	η^2_p	Post hoc
	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$				
nCoPar	18.11 (8.14)	18.79 (4.76)	26.64 (12.11)	10.68	< .001	.164	IQ = QA ($p = 1.00$) IQ < SE ($p = .001$) QA < SE ($p < .001$)
nInPar	1.59 (1.44)	1.10 (1.57)	3.31 (2.48)	14.01	< .001	.205	IQ = QA ($p = .768$) IQ < SE ($p < .001$) QA < SE ($p = .001$)
nCoElab	7.92 (4.16)	10.44 (3.68)	6.58 (5.08)	7.71	.001	.124	IQ > QA ($p = .038$) IQ > SE ($p = .001$) QA = SE ($p = .570$)
nInElab	3.05 (2.52)	1.28 (1.34)	1.89 (1.79)	8.19	< .001	.131	IQ < QA ($p < .001$) IQ = SE ($p = .532$) QA > SE ($p = .034$)

Note. nCoPar = number of correct paraphrases; nInPar = number of incorrect paraphrases; nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations.

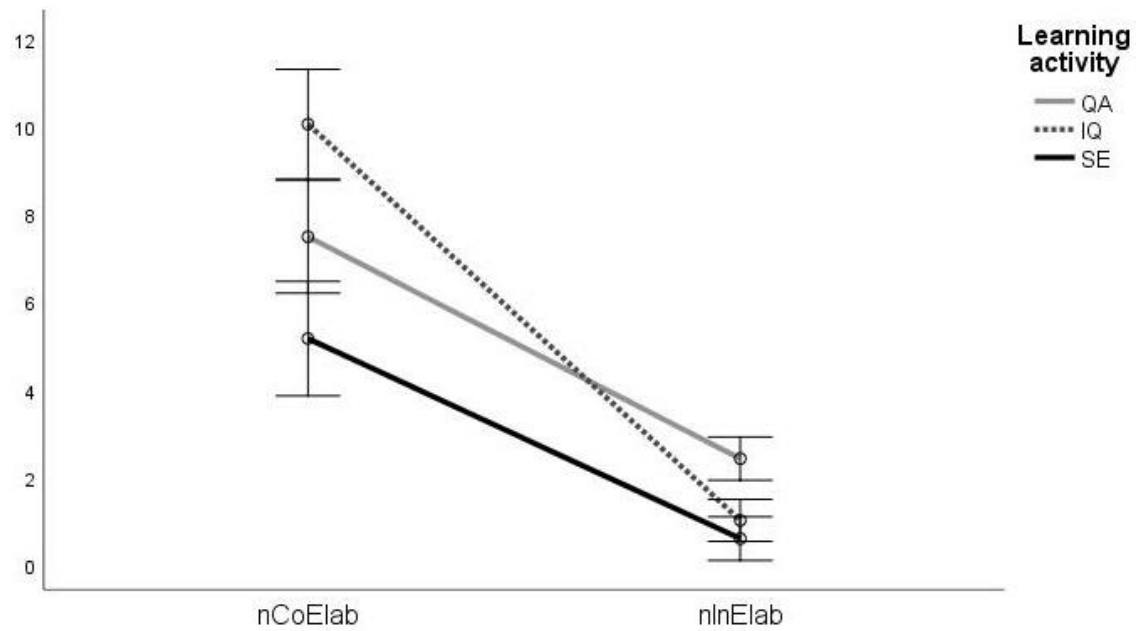
The three-way mixed ANOVA indicated that the interaction effect between type of reading strategy and learning activity was significant, $F(2, 109) = 38.43, p < .001, \eta^2_p = .414$. The Bonferroni post hoc test showed that IQ ($M = 11.72; SD = 3.36$) and QA ($M = 10.97; SD = 3.89$) prompted more *TotElab* compared to SE ($M = 8.47; SD = 5.42$), $p = .004$ and $p = .043$, respectively; whereas *TotPar* was fewer for IQ ($M = 19.90; SD = 4.27$) and for QA ($M = 19.70; SD = 7.93$) than for SE ($M = 29.94; SD = 11.76$), all $ps < .001$. Statistically significant main effects were found for learning activity, $F(2, 109) = 5.18, p = .007, \eta^2_p = .087$, for type of reading strategy, $F(1, 109) = 339.11, p < .001, \eta^2_p = .757$, and for strategy accuracy, $F(1, 109) = 433.09, p < .001, \eta^2_p = .799$. Total strategies was higher for SE ($M = 9.60; SD = 11.53$) compared to IQ ($M = 7.90; SD = 8.47$) and QA ($M = 7.67; SD = 7.47$), $p = .030$ and $p = .012$, respectively. Paraphrases ($M = 11.59; SD = 10.95$) were more frequent than elaborations ($M = 5.19; SD = 3.68$), and correct strategies ($M = 14.75; SD = 7.76$) were higher than incorrect strategies ($M = 2.04; SD = 0.93$) regardless of learning activity.

3.2. Impact of type of question or target sentence on reading strategies

To explore whether IQ induced more accurate elaborations than QA when answering high-level questions, we conducted a three-way mixed ANOVA with type of question or target sentence (low-level, local vs. high-level, global) and elaboration accuracy (*nCoElab*, *nInElab*) as the within-subjects variables, and learning activity as the between-subjects variable. Results revealed a significant three-way interaction effect, $F(2, 109) = 9.20, p < .001, \eta^2_p = .144$. Although *nCoElab* was more frequent than *nInElab* for high-level questions in both question conditions and for global target sentences (all $ps < .001$), there were significant differences between groups. For high-level questions or global target sentences (see Figure 3a), *nCoElab* was higher for IQ ($M = 10.05; SD = 3.53$) than for QA ($M = 7.49; SD = 4.09$) and for SE ($M = 5.17; SD = 4.21$), $p = .017$ and $p < .001$,

respectively; whereas *nInElab* was lower for IQ ($M = 1.03$; $SD = 1.18$) and for SE ($M = 0.61$; $SD = 0.90$) compared to QA ($M = 2.43$; $SD = 2.15$), all $ps < .001$. These results are consistent with our hypothesis. There were no differences between IQ and SE in *nInElab* ($p = .713$), and QA induced more *nCoElab* than SE ($p = .041$). For low-level questions, there were no differences in *nCoElab* and *nInElab* between QA and IQ, $p = 1.00$ and $p = .413$, respectively. Figure 3b reveals that *nCoElab* was higher for local target sentences ($M = 1.42$; $SD = 1.65$) than for low-level questions in both IQ ($M = 0.38$; $SD = 0.82$) and QA ($M = 0.43$; $SD = 0.69$), $p < .001$ and $p = .001$, respectively. *nInElab* was also higher for local target sentences ($M = 1.28$; $SD = 1.56$) compared to low-level questions in both IQ ($M = 0.26$; $SD = 0.50$) and QA conditions ($M = 0.62$; $SD = 0.89$), $p < .001$ and $p = .029$, respectively. Results also revealed statistically significant main effects. High-level questions and global target sentences ($M = 4.46$; $SD = 3.79$) induced more total elaborations than low-level questions and local target sentences ($M = 0.73$; $SD = 0.49$), $F(1, 109) = 494.58$, $p < .001$, $\eta^2_p = .819$; and correct elaborations ($M = 4.16$; $SD = 4.06$) were more frequent than the incorrect ones ($M = 1.04$; $SD = 0.77$), $F(1, 109) = 164.01$, $p < .001$, $\eta^2_p = .601$. The differences between conditions in total elaborations have already been specified in Section 3.1. (i.e., *TotElab* was higher in both question conditions compared to SE), $F(2, 109) = 5.81$, $p = .004$, $\eta^2_p = .096$.

(3a)



(3b)

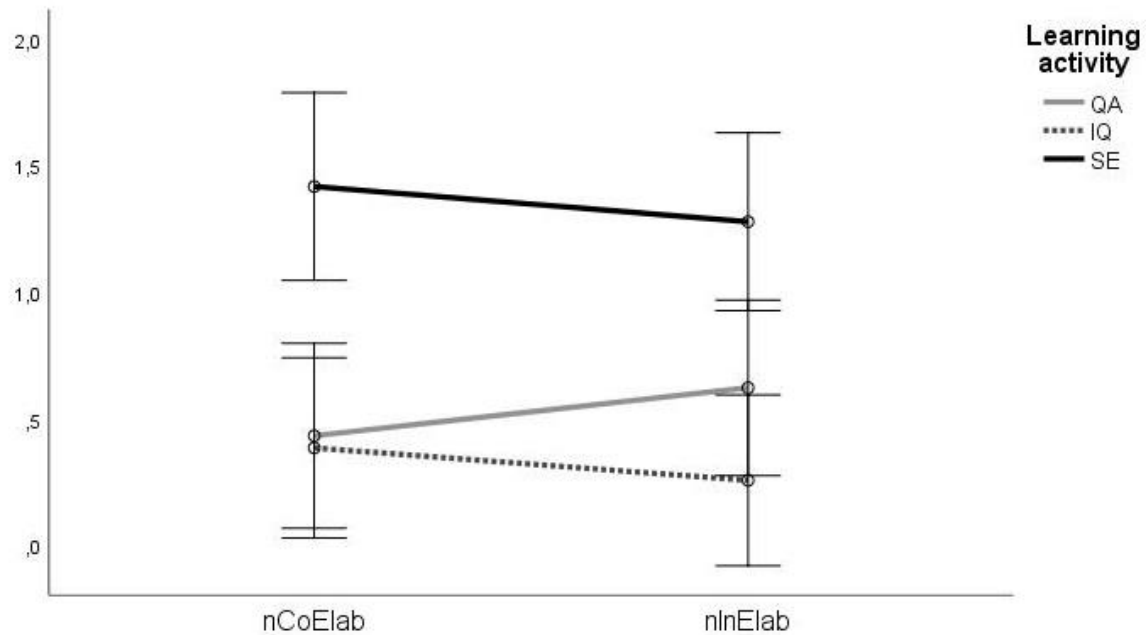


Figure 3. Interaction effect between type of question, elaboration accuracy and learning activity: (3a) high-level questions or global target sentences; (3b) low-level questions or local target sentences. *Note.* Error bars represent the 95% confidence interval of the mean. nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations.

The effect of the type of question and target sentence on students' reading strategies was analyzed by a three-way mixed ANOVA with type of question (low-level, high-level) or target sentence (local, global) and type of reading strategy (paraphrases, elaborations) as the within-subjects variables, and learning activity as the between-subjects variable. The three-way interaction effect was significant, $F(2, 109) = 42.76, p < .001, \eta^2_p = .440$. Table 2 shows the mean values, standard deviations, as well as ANOVAs' results for type of reading strategy by type of question or target sentence. For high-level questions, *TotElab* was more frequent than *TotPar* ($p < .001$, for IQ; $p = .002$, for QA), whereas low-level questions induced more *TotPar* than *TotElab* for both IQ and QA, all $ps < .001$. Thus, elaborations were more frequent for high-level questions than for low-level questions in both question conditions (IQ, QA), while paraphrases were higher for low-level questions compared to high-level questions (all $ps < .001$). There were no differences between IQ and QA by type of reading strategy depending on the type of question (see Table 2). For SE, the difference in *TotPar* between local and global target sentences did not reach significance ($p = .067$) and *TotElab* was more frequent for global target sentences than for the local ones ($p < .001$). However, paraphrases were higher than elaborations in both types of target sentences (all $ps < .001$). These results are consistent with our prediction. Results also revealed a significant main effect of type of question or target sentence, indicating that high-level questions and global target sentences ($M = 9.43; SD = 3.06$) induced more total reading strategies than the low-level questions and local target sentences ($M = 7.35; SD = 6.61$), $F(1, 109) = 75.19, p < .001, \eta^2_p = .408$. The main effects of the type of reading strategy and type of learning activity were specified in Section 3.1.

Table 2

Means (*M*), standard deviations (*SD*) and ANOVAs' results for type of reading strategy by type of question or target sentence

Measure	QA	IQ	SE	<i>F</i> (2, 109)	<i>p</i>	η^2_p	Post hoc
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)				
Low-level/Local							
TotPar	11.97 (4.78)	12.21 (3.11)	15.56 (6.74)	5.77	.004	.096	IQ = QA (<i>p</i> = 1.00) IQ < SE (<i>p</i> = .015) QA < SE (<i>p</i> = .009)
TotElab	1.05 (1.13)	0.64 (1.01)	2.69 (2.29)	17.67	< .001	.245	IQ = QA (<i>p</i> = .762) IQ < SE (<i>p</i> < .001) QA < SE (<i>p</i> < .001)
High-level/Global							
TotPar	7.73 (3.71)	7.69 (2.18)	14.39 (5.92)	31.19	< .001	.364	IQ = QA (<i>p</i> = 1.00) IQ < SE (<i>p</i> < .001) QA < SE (<i>p</i> < .001)
TotElab	9.92 (3.51)	11.08 (3.10)	5.78 (4.18)	22.01	< .001	.288	IQ = QA (<i>p</i> = .495) IQ > SE (<i>p</i> < .001) QA > SE (<i>p</i> < .001)

Note. TotPar = total number of paraphrases; TotElab = total number of elaborations.

3.3. Moderation effect of students' prior knowledge on elaborations

To explore whether IQ would encourage low-knowledge students to generate more correct elaborations and fewer incorrect elaborations to answer high-level questions compared to QA, two simple moderation models were carried out with *nCoElab* and *nInElab* as dependent variables. Table 3 shows the results of the moderation analyses. For *nCoElab*, the moderation index was not significant, $F(2, 106) = 2.15$, $p = .122$. There were no significant interactions between *PK* and learning activities, although it was marginally significant when comparing IQ and QA (see Table 3). For *nInElab*, the moderation index was significant, $F(2, 106) = 5.93$, $p = .004$, and accounted

for 7.76% of the variance. The interaction between *PK* and learning activity was significant in both comparisons of *QA* with the other two learning activities, i.e., *IQ* and *SE* (see Table 3).

Table 3

Coefficients, standard errors (SE), t-statistic, p-value, and confidence intervals (CI) of the simple moderation analyses for the elaboration accuracy

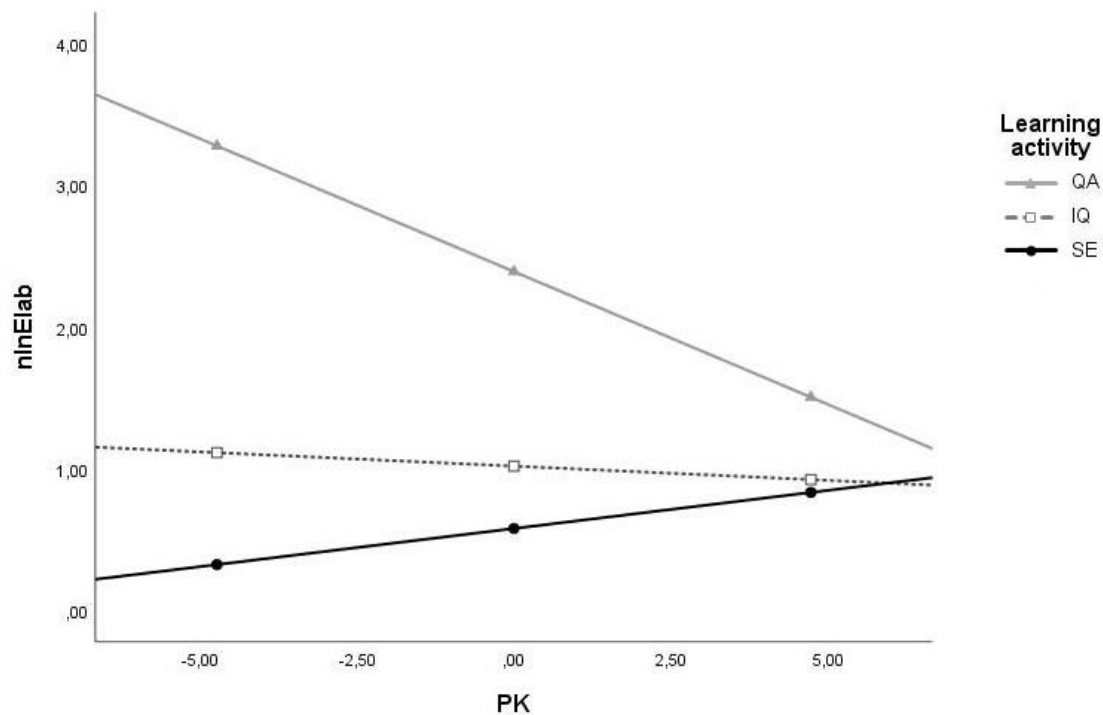
Model	Coefficient	SE	<i>t</i>	<i>p</i>	95% CI
nCoElab					
Constant	7.59	0.58	13.12	< .001	[6.45, 8.74]
Learning activity 1	2.51	0.81	3.11	.002	[0.91, 4.12]
Learning activity 2	-2.70	0.83	-3.26	.002	[-4.34, -1.06]
Learning activity 3	-5.21	0.82	-6.38	<.001	[-6.83, -3.59]
PK	0.49	0.13	3.85	< .001	[0.24, 0.75]
PK x Learning activity 1	-0.33	0.18	-1.87	.064	[-0.68, 0.02]
PK x Learning activity 2	-0.04	0.17	-0.24	.813	[-0.39, 0.30]
PK x Learning activity 3	0.29	0.17	1.71	.091	[-0.05, 0.63]
nInElab					
Constant	2.39	0.24	10.11	< .001	[1.92, 2.86]
Learning activity 1	-1.37	0.33	-4.15	< .001	[-2.03, -0.72]
Learning activity 2	-1.81	0.34	-5.36	< .001	[-2.48, -1.14]
Learning activity 3	-0.44	0.33	-1.32	.191	[-1.10, 0.22]
PK	-0.19	0.05	-3.58	.001	[-0.29, -0.08]
PK x Learning activity 1	0.17	0.07	2.31	.023	[0.02, 0.31]
PK x Learning activity 2	0.24	0.07	3.39	.001	[0.10, 0.38]
PK x Learning activity 3	0.07	0.07	1.06	.291	[-0.06, 0.21]

Note. nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations; PK = students' prior knowledge; Learning activity 1 = *QA* vs. *IQ*; Learning activity 2 = *QA* vs. *SE*; Learning activity 3 = *IQ* vs. *SE*.

We examined the simple slopes tests to interpret the moderation effect for *nInElab*. Figure 4a indicates that *IQ* induced fewer *nInElab* than *QA* when students' PK was "low" ($b = -2.16$, *SE*

= 0.46, $t = -4.69$, $p < .001$, 95% CI [-3.08, -1.25], and “medium”, $b = -1.37$, $SE = 0.33$, $t = -4.15$, $p < .001$, 95% CI [-2.03, -0.72]. SE differed from QA following the same pattern as IQ when students’ PK was “low”, $b = -2.95$, $SE = 0.49$, $t = -6.09$, $p < .001$, 95% CI [-3.92, -1.99], and “medium”, $b = -1.81$, $SE = 0.34$, $t = -5.36$, $p < .001$, 95% CI [-2.48, -1.14]. No differences were found between-groups in high-knowledge students ($p = .239$, for the IQ comparison; $p = .155$, for the SE comparison). These results are congruent with the first prediction (i.e., IQ would induce fewer incorrect elaborations in low-knowledge students than QA), but we did not confirm that *nCoElab* was higher for IQ than for QA in low-knowledge students. Although the slopes graph seems to show this assumption (see Figure 4b), the difference between QA and IQ was not statistically significant.

(4a)



(4b)

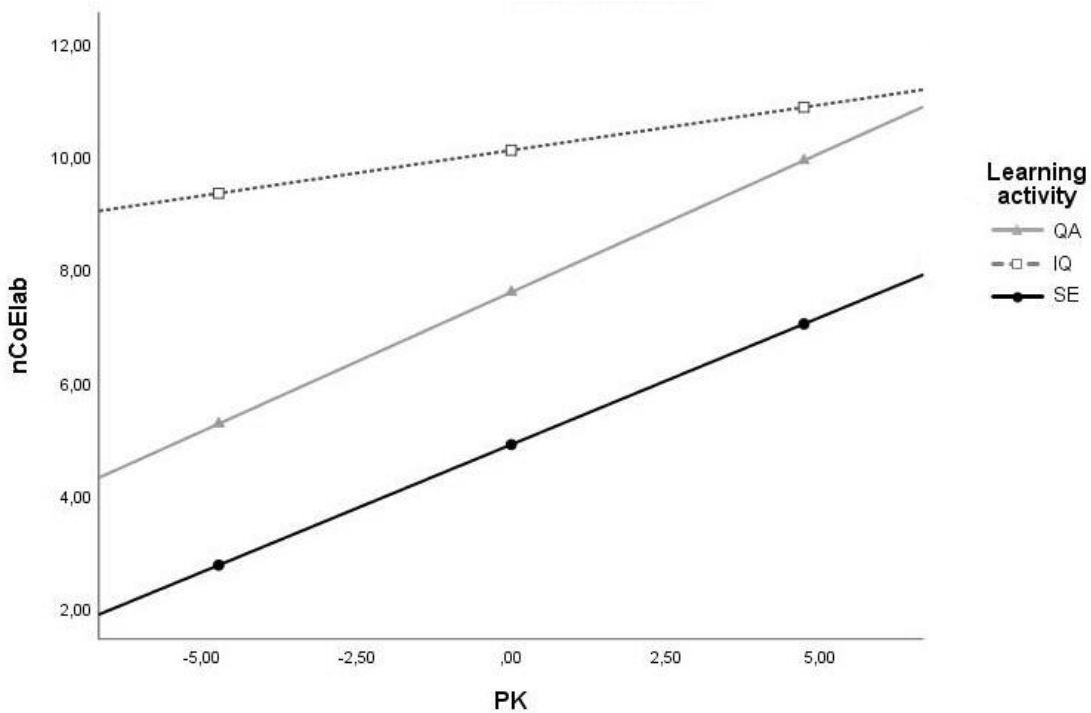
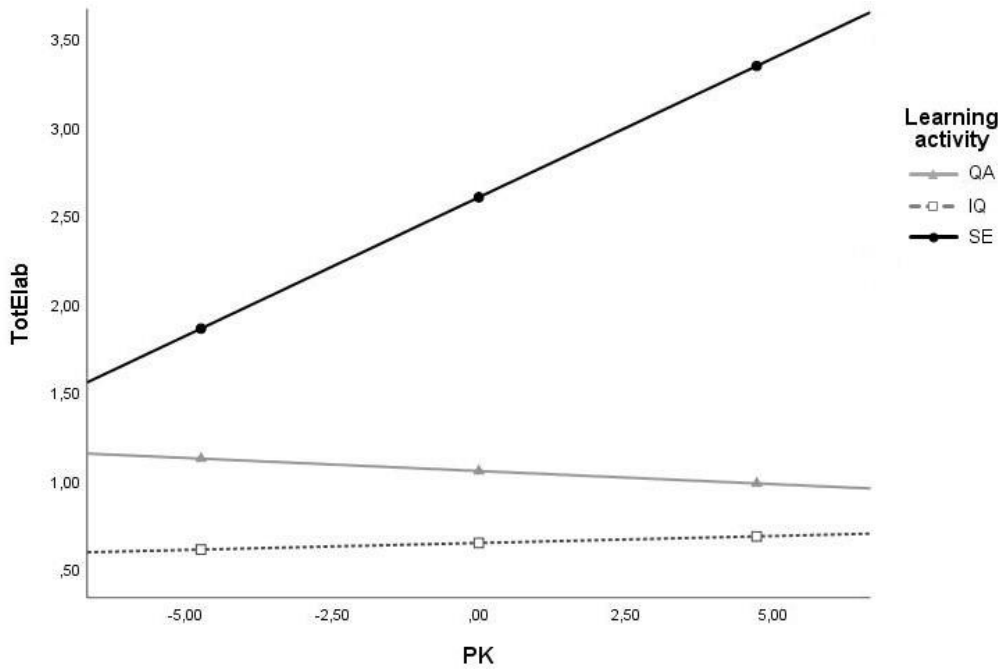


Figure 4. Simple slopes graph of the regressions of learning activity on (4a) nInElab and (4b) nCoElab for high-level questions or global target sentences at three levels of the students' PK (low, medium, high). *Note.* "Low", "medium" and "high" levels of the moderator represent the mean and ± 1 standard deviation. PK = total score in prior knowledge test; nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations.

To examine whether the generation of elaborations is more influenced by the students' prior knowledge than by the type of question or the target sentence, we conducted two moderation analyses with learning activity as an independent variable, *PK* as moderator and *TotElab* for type of question or target sentence as dependent variable. For low-level questions or local target sentences, results showed a significant index of moderation, $F(2, 106) = 3.17, p = .046$, accounting for 4.15% of the variance. The interactions between PK and learning activity were significant when both question conditions (IQ, QA) were compared to SE, $b = 0.15, SE = 0.07, t = 2.02, p = .046$, 95% CI [0.003, 0.296] and $b = 0.17, SE = 0.08, t = 2.28, p = .025$, 95% CI [0.02, 0.32], respectively.

Figure 5a indicates that IQ induced fewer *TotElab* for low-level questions than SE for local target sentences when students' prior knowledge was "low", "medium" and "high", $b = 1.25$, $SE = 0.50$, $t = 2.49$, $p = .015$, 95% CI [0.25, 2.25], $b = 1.96$, $SE = 0.35$, $t = 5.52$, $p < .001$, 95% CI [1.25, 2.66], and $b = 2.66$, $SE = 0.49$, $t = 5.41$, $p < .001$, 95% CI [1.69, 3.64], respectively. QA also induced fewer *TotElab* than SE when students' prior knowledge was "medium" and "high", $b = 1.55$, $SE = 0.36$, $t = 4.32$, $p < .001$, 95% CI [0.84, 2.26] and $b = 2.36$, $SE = 0.50$, $t = 4.75$, $p < .001$, 95% CI [1.38, 3.35], respectively. For high-level questions and global target sentences, although the index of moderation did not reach statistical significance, $F(2, 106) = 2.73$, $p = .070$, the slopes of both question conditions are above the SE slope (see Figure 5b). The interaction between *PK* and learning activity was only significant when IQ was compared to SE, $b = 0.36$, $SE = 0.16$, $t = 2.33$, $p = .022$, 95% CI [0.05, 0.67], but not between QA and SE, $b = 0.20$, $SE = 0.16$, $t = 1.25$, $p = .214$, 95% CI [-0.12, 0.52]. These differences partially confirmed our prediction because IQ and QA induced fewer elaborations in low-level questions compared to SE in local target sentences, and the opposite seems to happen in high-level questions or global target sentences. These data should be interpreted with caution because the index of moderation in high-level questions did not reach significance.

(5a)



(5b)

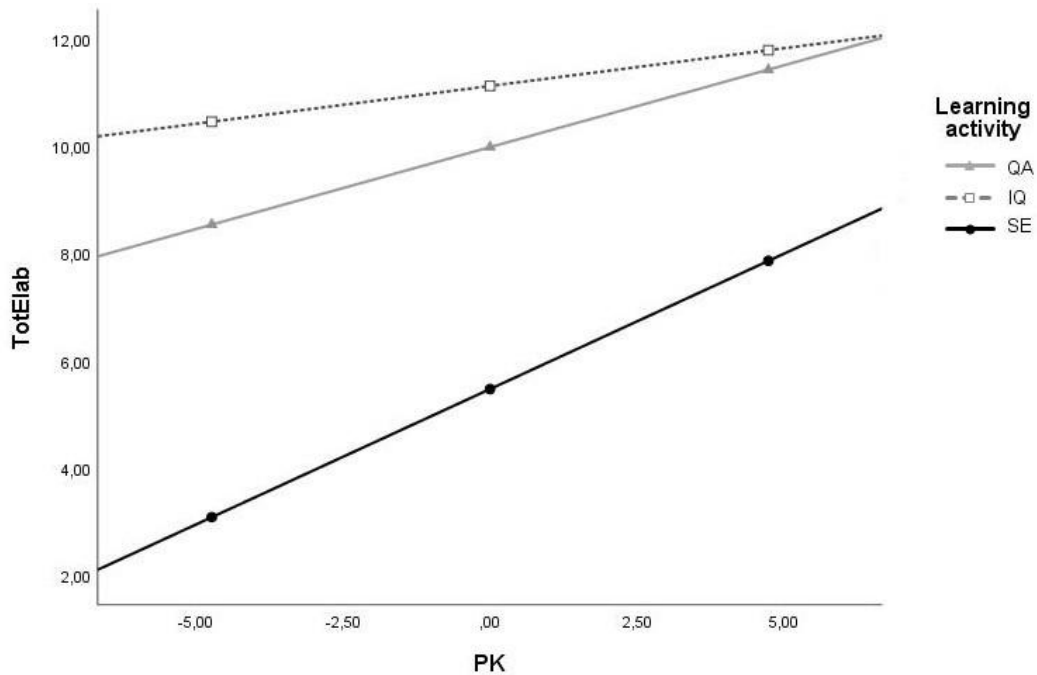


Figure 5. Simple slopes graph of the regressions of learning activity on TotElab at three levels of the students' PK (low, medium, high): (5a) for low-level questions/local target sentences; (5b) for high-level questions/global target sentences. *Note.* “Low”, “medium” and “high” levels of the moderator represent the mean and ± 1 standard deviation. PK = total score in prior knowledge test; TotElab = total number of elaborations.

3.4. Differences in students' responses and task behavior by learning activity

To test the prediction about the efficiency of the access and selection of relevant information for IQ compared to QA and SE, we conducted a two-way mixed ANOVA with relevance of *tRereading* as the within-participants variable, and learning activity as the between-subjects variable. Table 4 reports the mean values, standard deviations, as well as ANOVAs' results.

Table 4

Means (M), standard deviations (SD) and ANOVAs' results for relevance rereading time between learning activities

Measure	QA	IQ	SE	$F(2, 109)$	p	η^2_p	Post hoc
	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$				
tRelRereading	208.66 (139.05)	244.62 (146.77)	107.08 (90.33)	11.40	< .001	.173	IQ > SE ($p < .001$) IQ = QA ($p = .676$) QA > SE ($p = .003$)
tNonRelRereading	310.09 (258.21)	183.45 (154.69)	164.13 (154.32)	6.11	.003	.101	IQ < QA ($p = .017$) IQ = SE ($p = 1.00$) QA > SE ($p = .005$)

Note. tRelRereading = total time rereading relevant text information; tNonRelRereading = total time rereading non-relevant text information.

ANOVAs' results confirmed that the two-way interaction effect was significant, $F(2, 109) = 14.67$, $p < .001$, $\eta^2_p = .212$ (see Figure 6). IQ showed more *tRelRereading* than *tNonRelRereading* ($p = .006$). The opposite was true for QA and for SE ($p < .001$ and $p = .013$, respectively). These differences are consistent with our first prediction. Both question conditions (IQ, QA) spent significantly more *tRelRereading* compared to SE, but QA spent more *tNonRelRereading* compared to IQ and SE students. We found a significant main effect of

relevance of *tRereading*, $F(1, 109) = 6.40$, $p = .013$, $\eta^2_p = .055$, so *tNonRelRereading* ($M = 219.23$; $SD = 79.29$) was higher than *tRelRereading* ($M = 186.79$; $SD = 71.33$). The main effect of learning activity was also significant, $F(2, 109) = 6.31$, $p = .003$, $\eta^2_p = .104$, indicating that there were no significant differences in *tRereading* when comparing IQ ($M = 214.03$; $SD = 43.25$) with QA ($M = 259.38$; $SD = 71.72$), $p = .576$, or IQ with SE ($M = 135.61$; $SD = 40.34$), $p = .079$. There were only significant differences when QA was compared to SE ($p = .002$). These results were partially congruent with our second prediction.

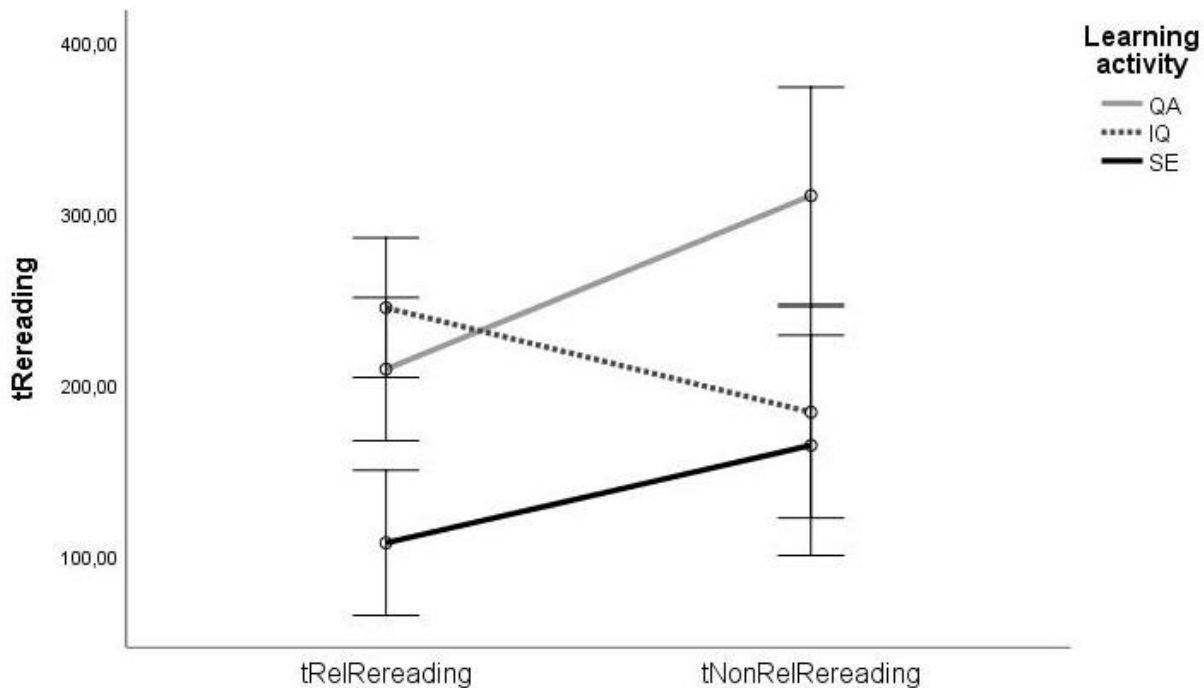


Figure 6. Interaction effect between relevance of rereading time and learning activity. *Note.* Error bars represent the 95% confidence interval of the mean. *tRelRereading* = total time rereading relevant text information; *tNonRelRereading* = total time rereading non-relevant text information.

Table 5 shows the main differences in the students' responses and in the time responding. As we predicted, IQ and QA activities required less *tResponding* compared to SE. Students who answered questions (i.e., IQ, QA) included fewer *TotIdeas* than SE students. Contrary to the results

in Experiment 2 (Rubio et al., 2020), *tStatement* was higher for SE compared to both question conditions, and there were no significant differences between IQ and QA.

Table 5

Means (M), standard deviations (SD) and ANOVAs' results for number of ideas and time indices by learning activity

Measure	QA	IQ	SE	$F(2, 109)$	p	η^2_p	Post hoc
	$M (SD)$	$M (SD)$	$M (SD)$				
Responses							
TotIdeas	30.68 (10.19)	31.62 (6.75)	38.42 (15.35)	5.18	.007	.087	IQ < SE ($p = .030$) IQ = QA ($p = 1.00$) QA < SE ($p = .012$)
Times							
tStatement	176.18 (79.02)	158.62 (59.41)	274.69 (123.87)	17.54	< .001	.243	IQ < SE ($p < .001$) IQ = QA ($p = 1.00$) QA < SE ($p < .001$)
tResponding	853.15 (428.68)	809.44 (325.10)	1225.06 (430.33)	12.21	< .001	.183	IQ < SE ($p < .001$) IQ = QA ($p = 1.00$) QA < SE ($p < .001$)

Note. TotIdeas = total number of text and inferential ideas; tStatement = total time reading the task statement; tResponding = total time responding.

3.5. Effectiveness of IQ over QA and SE for final learning

To examine whether IQ would be more effective for the final learning than QA and SE, we conducted three one-way ANOVAs with learning measures (*TotPost*, *LowPost* and *HighPost*) as the within-subjects variable, and learning activity as the between-subjects variable. The Bonferroni post hoc test confirmed that IQ was more effective for *TotPost* and *LowPost* compared to QA and SE (see Table 6). There were no significant differences in learning outcomes between QA and SE.

Table 6

Means (*M*), standard deviations (*SD*) and ANOVAs' results for learning measures by type of question or target sentence

Measure	QA	IQ	SE	<i>F</i> (2, 109)	<i>p</i>	η^2_p	Post hoc
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)				
TotPost	5.08 (2.01)	6.22 (1.81)	5.10 (1.89)	4.64	.014	.076	IQ > QA (<i>p</i> = .032) IQ > SE (<i>p</i> = .037) QA = SE (<i>p</i> = 1.00)
LowPost	2.73 (1.02)	3.41 (0.97)	2.75 (0.84)	6.39	.002	.105	IQ > QA (<i>p</i> = .007) IQ > SE (<i>p</i> = .009) QA = SE (<i>p</i> = 1.00)
HighPost	2.35 (1.27)	2.81 (1.09)	2.35 (1.34)	1.76	.177	.031	IQ = QA (<i>p</i> = .329) IQ = SE (<i>p</i> = .327) QA = SE (<i>p</i> = 1.00)

Note. TotPost = total score on posttest; LowPost = score on low-level posttest questions; HighPost = score on high-level posttest questions.

We predicted that IQ would be more effective for learning than SE and QA because of the higher *nCoElab* and the shorter *tNonRelRereading*. Pearson correlations indicated that *nCoElab* correlated positively with *TotPost* for IQ ($r = .60, p < .001$), QA ($r = .72, p < .001$) and SE ($r = .63, p < .001$). Moreover, *nInElab* showed negative correlations with *TotPost* for IQ ($r = -.49, p = .002$) and QA ($r = -.58, p < .001$), but not for SE ($r = .12, p = .495$). There were no significant correlations between *tRelRereading* and *TotPost* for any learning activity ($p = .159$ for IQ; $p = .862$ for QA; $p = .875$ for SE), and *tNonRerereading* only correlated negatively with *TotPost* in IQ activity ($r = -.41, p = .009$). No significant correlations were found between *tNonRerereading* and QA ($p = .351$) or SE ($p = .826$). According to the significant correlations, *nCoElab*, *nInElab* and *tNonRelrereading* were entered simultaneously in the same step of three separated stepwise multiple regression analyses to explore their capacity to explain the students' final learning (*TotPost*) for IQ, QA and SE. For IQ and QA, the output showed two models, while for SE only

one (see Table 7). For IQ, the second model showed a significant effect of *nCoElab* and *tNonRelrereading* ($F(2, 36) = 17.96, p < .001$), which accounted for 49.9% of the variance (adjusted $R^2 = .47$). The strongest and positive predictor was *nCoElab* ($\beta = .58, t = 4.87, p < .001$), whereas *tNonRelrereading* ($\beta = -.38, t = -3.19, p = .003$) was a significant and negative predictor, which was congruent with our prediction. For QA, the second model included both type of elaborations ($F(2, 34) = 28.27, p < .001$) and accounted 62.4% of the variance (adjusted $R^2 = .60$). Whereas *nCoElab* was a positive predictor ($\beta = .58, t = 5.08, p < .001$), *nInElab* was a negative predictor ($\beta = -.35, t = -3.00, p = .005$). For SE, one model was statistically significant in predicting *TotPost* ($F(1, 34) = 21.77, p < .001$), accounting for 39% of the variance (adjusted $R^2 = .37$). For SE, the only predictor of *TotPost* was *nCoElab* ($\beta = .63, t = 4.67, p < .001$).

Table 7

Summary of multiple regression analysis for the effect of accuracy of elaborations and non-relevance of rereading on final learning by experimental condition

Condition	Variable	Model 1			Model 2		
		B	SE B	β	B	SE B	β
QA	Constant	2.31	0.50		3.69	0.65	
	nCoElab	0.35	0.06	.72***	0.28	0.06	.58***
	nInElab				-0.28	0.09	-.35**
	R ²			.53			.62
	F			38.64***			28.27***
	ΔR^2						.10
	ΔF						9.03**
IQ	Constant	3.14	0.72		4.07	0.70	
	nCoElab	0.30	0.07	.60***	0.28	0.06	.58***
	tNonRelRereading				-0.004	0.001	-.38**
	R ²			.36			.50
	F			20.66***			17.96***
	ΔR^2						.14
	ΔF						10.15**
SE	Constant	3.57	0.41				
	nCoElab	0.23	0.05	.63***			
	R ²			.39			
	F			21.77***			

Note. nCoElab = number of correct elaborations; nInElab = number of incorrect elaborations; tNonRelRereading = total time rereading non-relevant text information.

* $p \leq .05$; ** $p \leq .01$; *** $p \leq .001$.

4. DISCUSSION

Two previous studies (Rubio et al., 2020) showed that answering post-reading questions and self-explaining text sentences while reading were equally effective for learning despite the differences induced by the nature of each activity in relation to reading strategies, students' responses, and task behavior. In this study, we examine how students process and learn conceptual knowledge from the activity of answering inserted questions (IQ), answering questions after reading (QA), and self-explaining text sentences while reading (SE). For both IQ and QA, we assumed that the questions focus the students' attention on specific segments of the text relevant to answer the questions (McCrudden & Schraw, 2007; van den Broek et al., 2001); while SE is an activity more dependent on the mental model that students are constructing while reading (Chi, 2000). Hence, IQ can also be envisaged as a learning activity closely-defined by the questions posed by the teacher. The difference between IQ and QA is that the questions are presented immediately after the reading of the relevant information, while QA shows the questions after reading the whole text. This difference may have important repercussions on the processing and the effectiveness of these learning activities for learning complex conceptual knowledge. The two main goals of this study were to examine the effects of IQ on cognitive processes and final learning in comparison to QA and SE. As secondary objectives, we explore the effect of IQ on reading strategies and their accuracy depending on the type of question and the student's previous knowledge. In this study, we tried to make the SE activity more similar to IQ and QA to compare them. For instance, we introduced the hypothetical situations of the high-level questions into the global target sentences, as well as the use of the target sentence to be self-explained as the task statement instead of marking it in bold type in the text.

The first hypothesis predicted that IQ would induce better reading strategies compared to QA and SE. The results showed that IQ, but also SE, prompted fewer incorrect elaborations than QA, as well as IQ induced more correct elaborations compared to QA and SE. The results confirmed this prediction. IQ may enhance the retrieval of relevant information because the question has been presented immediately after reading it (Carrier & Fautsch-Patridge, 1981; Hamaker, 1986; Rickards & Di Vesta, 1974; Rothkopf & Bisbicos, 1967). Likewise, the continuous, ongoing and piecemeal processing of IQ may contribute to more active processing, more inferences between relevant text ideas (Olson et al., 1985; van den Broek et al., 2001, 1999), and more changes in the attention pattern (Robertson et al., 1985; van Oostendorp & Goldman, 1999). In contrast, QA processing may focus students on reviewing segments and connections that students have gone unnoticed in the initial reading (van den Broek et al., 2001), which is usually superficial (Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017). For example, for IQ students would be easier than for QA students to retrieve the relevant text ideas, as well as to transfer the new knowledge to new situations proposed by questions (e.g., Q2), as this question was presented immediately after a piece of relevant information (i.e., the decrease of atmospheric pressure with the height). On the contrary, QA students only have the superficial representation of the initial reading to search, locate, select and interpret the relevant ideas of the text, which may be a great burden in the working memory. However, it is also necessary to point out that QA induced more elaborations and fewer paraphrases than SE, which replicates the results of Rubio et al. (2020). In general, we may conclude that IQ behaves as QA because it induces more elaborations rather than paraphrases, but the nature of IQ favors more accurate elaborations due to the ease of retrieving relevant information or because the more flexible and continuous processing helps to generate more correct elaborations.

The greater presence of elaborations in both question conditions (IQ, QA) compared to SE, may be closely related to the effect of the question type. Therefore, we also hypothesized that the benefit of IQ for generating accurate elaborations would be evident in the high-level questions, so IQ would induce more correct and fewer incorrect elaborations compared to QA in this type of question. The results confirmed this hypothesis. High-level questions are cognitively more demanding because students must manage multiple distant text ideas, activate relevant prior knowledge, and apply all this to a new situation (e.g., Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). These processes seem to be facilitated by the nature of IQ (e.g., continuous and sequential processing, changing attention), whereas QA may have oriented students to review segments and connections from the superficial, incomplete and inflexible representation obtained from the initial reading (Robertson et al., 1985; van Oostendrop & Goldman, 1999). Besides, we expected to validate the impact of the question type on reading strategies found in Rubio et al. (2020, Experiment 2), assuming that this effect would be the same for IQ as for QA. We found that high-level questions induce students to generate more elaborations and fewer paraphrases than low-level questions. The results confirmed that the type of question plays a key role in guiding students' reading strategies, while the role of target sentences is less relevant even though the introduction of situational information in global sentences increased the number of elaborations compared to the local target sentences. Regardless the questions are inserted or at the end, students' answers are guided by the adjustment with the task model formed from the question (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). This task model differs if the question is high-level or low-level, which has implications for students' reading strategies (e.g., Cerdán et al., 2011, 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019). Low-level questions (Q1) pose problems about the information that is

explicit in one or two specific text segments (e.g., one paragraph), so the student can respond by searching for this information and paraphrasing it; whereas high-level questions (Q2) forces students to generate elaborations as the answer is not explicit in the text. The main difference between IQ and QA is not the impact of question type on students' reading strategies, but the accuracy of the elaborations induced by the high-level questions.

The nature of IQ to foster the accuracy of elaborations in high-level questions could be especially helpful for low-knowledge students. Specifically, we predicted that IQ would encourage low-knowledge students to generate more correct elaborations and fewer incorrect elaborations when answering high-level questions compared to QA. The results confirmed partially this prediction. Although we did not find significant differences between IQ and QA for the number of correct elaborations in low-knowledge students, we confirmed that IQ helps them to generate fewer incorrect elaborations compared to QA. For IQ, low-knowledge students may have benefited from the generation of more inferences during the reading (Olson et al., 1985), in addition to the changes in students' attention depending on the text information they are reading and the comprehension processes they are activating while reading (van den Broek et al., 2001; 1999). Hence, IQ may have induced more changes, corrections and updates of the mental model compared to QA students (Robertson et al., 1985; van Oostendorp & Goldman, 1999), which could also mean more repairs of conceptual errors in IQ than in QA. According to the results of Rubio et al. (2020, Experiment 2), we also expected that the generation of elaborations in IQ activity, as well as QA, would be more influenced by the type of question than the level of the students' prior knowledge. The results confirmed this prediction. The availability of the text reduces the importance of the students' prior knowledge to answer the questions (Ozuru et al., 2007), instead, it is more relevant the ability to access, select and use the information in the text (e.g., Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017;

Mosenthal, 1996). On the contrary, for SE activity, the students' prior knowledge was more important than the target sentences, i.e., the higher prior knowledge, the higher the elaborations students generate to compensate for omissions of information in the text or their conceptual gaps of knowledge (McNamara, 2001, 2004; McNamara & Kintsch, 1996; McNamara & Magliano, 2009). Overall, we can conclude that the type of question is decisive for the generation of elaborations for both question conditions, but the nature of IQ helped low-knowledge students to make fewer mistakes.

The fourth hypothesis was that IQ would make the students' task behavior more efficient than QA and SE. We first predicted that IQ would focus students on the relevant information than non-relevant information compared to QA and SE. Moreover, we expected that IQ, as well as SE, would induce lower time searching the text than QA because the task is posed immediately after reading the information relevant to the question or target sentence, so that the student can more easily retrieve this information without going back to the text. Although the results did not confirm this last prediction and there were no significant differences in the rereading time between IQ and QA, the behavior of IQ was more efficient than that induced by SE and QA activities. While IQ focused rereading on relevant information, QA and SE students spent more time rereading non-relevant information. In fact, the time for rereading non-relevant information was significantly higher for QA than for IQ and SE. Hence, we can conclude that both IQ and QA are reading situations oriented to solve problems (Britt et al., 2018; Rouet et al., 2017), as students focus on locating and using the information in the text to answer the question, but IQ is more efficient than QA. It should be noted, however, that rereading is easier for IQ than for QA because the information is constrained by the placement of questions. For SE, rereading is also constrained for target sentences, but students spent more time in non-relevant information because their goal is

not to use the information to respond to defined demands. It is also possible that the relevant information determined by the instructor depending on the target sentence is different from that considered by the student. The third prediction of this hypothesis was aimed at validating the differences between QA and SE in task response (Rubio et al., 2020), assuming that IQ would behave as QA. The results were congruent with this assumption. We found that both question conditions required less responding time than SE and students included fewer ideas in their responses. QA and IQ are closely-defined learning activities, which focus students on the text information needed for answering the questions rather than understanding the text as a whole (Farr et al., 1990; Rupp et al., 2006). Therefore, the responses to questions only include the number of ideas needed to get the response adjustment to the task model (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). Regarding the time reading the statement, unlike the two previous experiments, SE led the students to read the statement longer compared to both question conditions. Please note that the target sentence contains text ideas that students can self-explain without going back to the text, while the question does not give students further information to answer.

For the last hypothesis, we predicted that IQ would be more effective for learning complex conceptual knowledge because of the higher accuracy of the elaborations and the efficiency of rereading time (i.e., less time rereading non-relevant information) compared to QA and SE. The results were consistent with our hypothesis. Although correct elaborations contributed positively to learning in all learning activities, QA learning was diminished by the high number of incorrect elaborations, which were most often induced by high-level questions in low-knowledge students. In contrast, IQ was more effective for learning because of the greater number of correct elaborations and the lesser time spent rereading non-relevant information compared to QA and SE activities. Though we did not formulate specific hypotheses related to the type of posttest question,

it is interesting that IQ only differed significantly from QA and SE in low-level questions. For IQ, the higher frequency of correct elaborations and the lower frequency of the incorrect ones may contribute to the formation of a coherent and interrelated mental representation (i.e., storage strength), better long-term learning and less forgetfulness of the text (Bjork & Bjork, 2011).

In conclusion, IQ seems to facilitate the cognitive processes needed to answer questions while the learner is studying the text. Inserted questions are asked immediately after reading the relevant information, which makes it easier for the student to focus on processing the relevant information. In contrast, QA seems to encourage a processing pattern based on the search for specific text segments, which is inefficient due to the difficulty of locating relevant information throughout the text. Likewise, as a result of this immediacy, IQ makes it easier for students to retrieve relevant information and to generate inferences (e.g., Carrier & Fautsch-Patridge, 1981; Hamaker, 1986; Rickards & Di Vesta, 1974; Rothkopf & Bisbicos, 1967; Olson et al., 1985). These two differences of the IQ activity with respect to QA are key to explaining the greater accuracy of the elaborations, the more efficient behavior in the task, and its repercussion in the student's final learning. In addition, as in both previous experiments, we replicated that QA and SE were equally effective for learning despite their processing differences.

The present study has also some limitations. First, the effectiveness of IQ on the other two learning activities cannot be generalized to all levels of education. van den Broek et al. (2001) reported that IQ had a negative effect on younger students whose reading processes are not highly developed and, therefore, task processing seems to be competing with basic text comprehension processes. Second, we cannot confirm the greater effectiveness of IQ for complex conceptual learning with all types of questions. More general recall questions (e.g., "*What do you recall about Torricelli's experiment?*") may alter some differences, for example, the efficiency of rereading

and its influence on learning. Third, although the study and posttest questions are parallel but different, it would be advisable to use another test of learning (e.g., free-recall test) to assess students' learning without test or activity matching bias (i.e., questions) for IQ and QA conditions. This effect is known as *transfer appropriate processing* (TAP; Morris, Bransford, & Franks, 1977). For example, using a free-recall test we could also analyze whether the delayed learning of IQ and QA students has been more focused on the content of the study questions compared to the final learning from the SE activity.

The findings of this study have important implications for the teaching practice. Teachers should be aware of the processing required by each learning activity and the conditions under their contribution to learning is higher. When students' prior knowledge is low and medium, it would be advisable to propose the IQ activity to them because of the sequential and question-driven processing that can guide students' learning to relevant information and with fewer mistakes than QA. Although several studies have shown that high-level questions contribute more to learning than low-level questions (e.g., Andre, 1979; Cerdán et al., 2009; Rouet & Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019, 2005), high-level questions may lead the student to wrong learning by forcing the generation of elaborations when the student has low prior knowledge. Hence, it would be necessary to help students to repair the conceptual errors through elaborative feedback based on their misconceptions (Maier, Wolf, & Randler, 2016; Máñez, 2019). The implications for the design and implementation of each activity should also be considered. While designing good questions is not an easy task for the teacher (e.g., matching the criterion of relevance and the criterion of importance, encourage inferential activity through the task model), the selection of target sentences for self-explaining activity is simpler (e.g., centrality effect) and contributes to learning just as much as QA, as but less than IQ.

References

- Andre, T. (1979). Does answering higher-level questions while reading facilitate productive learning? *Review of Educational Research*, *49*(2), 280–318. doi:10.2307/1169962
- Barrio-Cantalejo, I., Simón-Lorda, P., Melguizo, M., Escalona, I., Marijuán, M. I., & Hernando, P. (2008). Validación de la Escala INFLESZ para evaluar la legibilidad de los textos dirigidos a pacientes. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, *31*(2), 135–152.
- Best, R. M., Rowe, M. M. S., Ozuru, Y., & McNamara, D. S. (2005). Deep-level comprehension of science texts: The role of the reader and the text. *Topics in Language Disorders*, *25*(1), 65–83. doi:10.1097/00011363-200501000-00007
- Bisra, K., Liu, Q., Nesbit, J. C., Salimi, F., & Winne, P. H. (2018). Inducing self-explanation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, *30*, 703-725. doi:10.1007/s10648-018-9434-x
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). *Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning*. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, J. R. Pomerantz (Eds.) & FABBS Foundation, *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 56–64). New York, NY: Worth Publishers.
- Britt, M. A., Rouet, J.-F., & Durik, A. (2018). *Literacy beyond text comprehension: A theory of purposeful reading*. New York, NY: Routledge.
- Carrier, C. A., & Fautsch-Patridge, T. (1981). Levels of questions: A framework for the exploration of processing activities. *Contemporary Educational Psychology*, *6*(4), 365–382. doi:10.1016/0361-476X(81)90019-9

- Cerdán, R., Gil, L., & Vidal-Abarca, E. (2011). Question-driven processing in single and multiple texts. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Eds.), *Text relevance and learning from text* (pp. 295–319). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Cerdán, R., Martínez, T., Vidal-Abarca, E., Gilabert, R., Gil, L., & Rouet, J.-F. (2008). Search and comprehension processes in learning from text. In J.-F. Rouet, R. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Understanding multimedia documents* (pp. 121–147). New York, NY: Springer.
- Cerdán, R., & Vidal-Abarca, E. (2008). The effects of tasks on integrating information from multiple documents. *Journal of Educational Psychology, 100*(1), 209–222. doi:10.1037/0022-0663.100.1.209
- Cerdán, R., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gilabert, R., & Gil, L. (2009). Impact of question-answering tasks on search processes and reading comprehension. *Learning and Instruction, 19*(1), 13–27. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.12.003
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science* (Vol. 5, pp. 161–238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science, 18*(3), 439–477. doi:10.1207/s15516709cog1803_3

- Dornisch, M. M. (2012). Adjunct questions: Effects on learning. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (pp. 128–129). Boston, MA: Springer.
- Farr, R., Pritchard, R., & Smitten, B. (1990). A description of what happens when an examinee takes a multiple-choice reading comprehension test. *Journal of Educational Measurement*, 27(3), 209–226. doi:10.1111/j.1745-3984.1990.tb00744.x
- Ferrer, A., Vidal-Abarca, E., Serrano, M. Á., & Gilabert, R. (2017). Impact of text availability and question format on reading comprehension processes. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 404–415. doi:10.1016/j.cedpsych.2017.10.002
- Fonseca, B., A. & Chi, M. T. H. (2011). Instruction based on self-explanation. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Educational psychology handbook: Handbook of research on learning and instruction* (pp. 296-321). New York, NY: Routledge Press.
- Halpain, D. R., Glover, J. A., & Harvey, A. L. (1985). Differential effects of higher and lower order questions: Attention hypotheses. *Journal of Educational Psychology*, 77(6), 703–715. doi:10.1037/0022-0663.77.6.703
- Hamaker, C. (1986). The effects of adjunct questions on prose learning. *Review of Educational Research*, 56(2), 212–242. doi:10.2307/1170376
- Hayes, A. F. (2018). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis*. New York, NY: The Guilford Press.
- Higgs, K., Magliano, J. P., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., & McNamara, D. S. (2017). Bridging skill and task-oriented reading. *Discourse Processes*, 54(1), 19–39. doi:10.1080/0163853X.2015.1100572
- Kintsch, W. (1979). On modeling comprehension. *Educational Psychologist*, 14(1), 3–14. doi:10.1080/00461527909529202

- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95(2), 163–182. doi:10.1037/0033-295X.95.2.163
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Maier, U., Wolf, N., & Randler, C. (2016). Effects of a computer-assisted formative assessment intervention based on multiple-tier diagnostic items and different feedback types. *Computers & Education*, 95, 85–98. doi: 0.1016/j.compedu.2015.12.002
- Máñez, I. (2019). *Processing and effectiveness of formative feedback to increase comprehension and learning of conceptual knowledge in digital environments* (Doctoral dissertation, University of Valencia, Valencia, Spain). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1797354>
- McCrudden, M. T., & Schraw, G. (2007). Relevance and goal-focusing in text processing. *Educational Psychology Review*, 19(2), 113–139. doi:10.1007/s10648-006-9010-7
- McNamara, D. S. (2001). Reading both high-coherence and low-coherence texts: Effects of text sequence and prior knowledge. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 55(1), 51–62. doi:10.1037/h0087352
- McNamara, D. S. (2004). SERT: Self-explanation reading training. *Discourse Processes*, 38(1), 1–30. doi:10.1207/s15326950dp3801_1
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. (1996). Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22(3), 247–288. doi:10.1080/01638539609544975

- McNamara, D. S., & Magliano, J. P. (2009). Self-explanation and metacognition: The dynamics of reading. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education* (pp. 60–81). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Morris, C. D., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, *16*(5), 519–533. doi:10.1016/S0022-5371(77)80016-9
- Mosenthal, P. B. (1996). Understanding the strategies of document literacy and their conditions of use. *Journal of Educational Psychology*, *88*(2), 314–332. doi:10.1037/0022-0663.88.2.314
- Nguyen, K., & McDaniel, M. A. (2014). Potent techniques to improve learning from text. In V. A. Benassi, C. E. Overson, & C. M. Hakala (Eds.), *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum* (pp. 104–117). Retrieved from the Society for the Teaching of Psychology website: <http://teachpsych.org/ebooks/asle2014/index.php>
- Olson, G. M., Duffy, S. A., & Mack, R. L. (1985). Question-asking as a component of text comprehension. In A. C. Graesser & J. B. Black (Eds.), *The psychology of questions* (pp. 219–226). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Ozuru, Y., Best, R., Bell, C., Witherspoon, A., & McNamara, D. S. (2007). Influence of question format and text availability on the assessment of expository text comprehension. *Cognition and Instruction*, *25*(4), 399–438. doi:10.1080/07370000701632371
- Ozuru, Y., Briner, S., Best, R., & McNamara, D. S. (2010). Contributions of self-explanation to comprehension of high-and low-cohesion texts. *Discourse Processes*, *47*(8), 641–667. doi:10.1080/01638531003628809

- Rickards, J. P., & Di Vesta, F. J. (1974). Type and frequency of questions in processing textual material. *Journal of Educational Psychology*, *66*(3), 354–362. doi:10.1037/h0036349
- Robertson, S. P., Black, J. B., & Lehnert, W. G. (1985). Misleading question effects as evidence for integrated question understanding and memory search. In A. C. Graesser & J. B. Black (Eds.), *The psychology of questions* (pp. 191–218). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rothkopf, E. Z., & Bisbicos, E. E. (1967). Selective facilitative effects of interspersed questions on learning from written materials. *Journal of Educational Psychology*, *58*(1), 56–61. doi:10.1037/h0024117
- Rouet, J.-F. (2006). *The skills of document use: From text comprehension to web-based learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rouet, J.-F., Britt, M. A., & Durik, A. M. (2017). RESOLV: Readers' representation of reading contexts and tasks. *Educational Psychologist*, *52*(3), 200–215. doi:10.1080/00461520.2017.1329015
- Rouet, J.-F., & Vidal-Abarca, E. (2002). “Mining for meaning”: Cognitive effects of inserted questions in learning from scientific text. In J. Otero, J. A. León, & A. C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 417–436). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rouet, J.-F., Vidal-Abarca, E., Bert-Erboul, A. B., & Millogo, V. (2001). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Processes*, *31*(2), 163–186. doi:10.1207/S15326950DP3102_03

- Roy, M., & Chi, M. T. H. (2005). The self-explanation principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 271–286). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rubio, A., Vidal-Abarca, E., Martínez T., & Serrano-Mendizábal, M. (2020). *Question-answering versus self-explanation: Examining the students' processing and their effectiveness for learning complex conceptual knowledge*. Manuscript in preparation.
- Rupp, A. A., Ferne, T., & Choi, H. (2006). How assessing reading comprehension with multiple-choice questions shapes the construct: A cognitive processing perspective. *Language Testing*, 23(4), 441–474. doi:10.1191/0265532206lt337oa
- Schumacher, G. M., Moses, J. D., & Young, D. (1983). Students' studying processes on course related texts: The impact of inserted questions. *Journal of Literacy Research*, 15(2), 19–36. doi:10.1080/10862968309547481
- Siegler, R. S. (2002). Microgenetic studies of self-explanation. In J. Parziale & N. Granott (Eds.), *Cambridge studies in cognitive perceptual development. Microdevelopment: Transition processes in development and learning* (pp. 31–58). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Taber, K. (2018). The use of Cronbach's Alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. doi:10.1007/s11165-016-9602-2
- van den Broek, P., Tzeng, Y., Risdien, K., Trabasso, T., & Basche, P. (2001). Inferential questioning: Effects on comprehension of narrative texts as a function of grade and timing. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 521–529. doi:10.1037/0022-0663.93.3.521

- van den Broek, P., Young, M., Tzeng, Y., & Linderholm, T. (1999). The landscape model of reading: Inferences and the one-line construction of memory representation. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading* (pp. 71–98). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- van Oostendorp, H., & Goldman, S. R. (1999). *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gil, L., García, A., & Máñez, I. (2019). Learning tasks in electronic environments: Advances towards interactive eTextbooks. In K. K. Millis, D. L. Long, J. P. Magliano, & K. Wiemer (Eds.), *Deep comprehension: Multidisciplinary approaches to understanding, enhancing, and measuring comprehension* (pp. 99–113). New York, NY: Routledge.
- Vidal-Abarca, E., Rouet, J.-F., & Gilabert, R. (2005). El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias [The role of interspersed questions in science texts]. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 129–148.
- Wilhite, S. C. (1985). Differential effects of high-level and low-level postpassage questions. *The American Journal of Psychology*, 98(1), 41–58. doi:10.2307/1422766

CAPÍTULO 4:

CONCLUSIONES GENERALES

Capítulo 4

Conclusiones generales

La lectura de textos expositivos es el principal medio de aprendizaje de conocimiento declarativo complejo (e.g. ciencias) en el contexto educativo. Para aprender a partir de este tipo de textos, el lector debe llevar a cabo una serie de procesos cognitivos (i.e., comprender ideas, activar conocimiento previo, generar inferencias), siendo el proceso más importante la integración de la nueva información con el conocimiento previo, i.e., elaboración (e.g., Bransford y McCarrell, 1974; Chi et al., 1994; Graesser et al., 2005; Kintsch, 1998; McNamara, 2004b; McNamara y Kintsch, 1996; Oakhill y Cain, 2012, 2018). La investigación previa ha mostrado la importancia del conocimiento previo para la comprensión y el aprendizaje a partir de textos (e.g., Afflerbach, 1986; Bohn-Gettler y Kendeou, 2014; Cromley et al., 2010; Mason et al., 2013; McNamara y Kintsch, 1996; O'Reilly y McNamara, 2007; Ozuru et al., 2009; Shapiro, 2004; Spilich et al., 1979; Tarchi, 2010; Willoughby et al., 1993). Tener conocimientos sobre un tema ayuda a los estudiantes a generar elaboraciones porque sirve de base para relacionar la nueva información con lo que uno ya sabe (e.g., Chiesi et al., 1979; Ericsson y Kintsch, 1995; Kintsch, 1988; MacDonald y Christiansen, 2002; McNamara y Scott, 2001; Shapiro, 2004; Snow et al., 1998); sin embargo, la generación de elaboraciones es un reto para los estudiantes cuando se enfrentan a la lectura de textos de ciencias, ya sea por la estructura compleja y el vocabulario poco familiar de este tipo de

textos (Best et al., 2008, 2005; McNamara et al., 2012), porque los textos expositivos inducen un procesamiento de frase a frase en lugar de un procesamiento relacional e inferencial (Coté y Goldman, 1999; Coté et al., 1998), y/o porque los estudiantes no suelen disponer de suficiente conocimiento previo en ciencias (Rouet y Vidal-Abarca, 2002).

Para ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades a la hora de aprender conocimiento declarativo complejo a partir de este tipo de textos, los profesores pueden utilizar actividades de aprendizaje que fomenten el procesamiento activo e inferencial, por ejemplo, responder preguntas tras la lectura del texto o durante la lectura del mismo (i.e., preguntas insertadas). Cuando se plantea una pregunta al estudiante, se espera que además de comprender la información relevante, utilice estratégicamente la información del texto para resolver la pregunta (e.g., Gil, Martínez, et al., 2015; Vidal-Abarca et al., 2010, 2019). Por lo tanto, responder preguntas con el texto disponible es una actividad que está inspirada en la aproximación teórica de *lectura orientada a tareas* (e.g., McCrudden y Schraw, 2007; Rouet, 2006; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019) y en lo que conocemos como *competencia lectora* (OECD, 2019). Las preguntas planteadas por el profesor actúan como instrucciones específicas de relevancia, las cuales orientan el procesamiento del estudiante hacia la comprensión y el uso de la información textual con el objetivo de responder a la meta de la pregunta (McCrudden y Schraw, 2007; Rouet, 2006; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). La eficacia de esta actividad para el aprendizaje ha sido demostrada en múltiples estudios (e.g., Andre, 1979, Cerdán y Vidal-Abarca, 2008; Cerdán et al., 2009; Rickards, 1979; Rothkopf, 1982; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019, 2005), aunque existen algunas diferencias en función del tipo de pregunta planteada por el profesor, i.e., pregunta de alto nivel *versus* pregunta de bajo nivel (e.g., Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2009; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2001; Vidal-Abarca et al., 2019) y, también, en función

del momento en el que se plantea, i.e., tras la lectura inicial o durante la lectura (e.g., Schumacher et al., 1983; van den Broek, Tzeng, et al., 2001).

Hasta donde conocemos no existen estudios que hayan demostrado la mayor eficacia de la actividad de responder preguntas para el aprendizaje del estudiante en comparación con otras actividades basadas en aproximaciones teóricas diferentes como, por ejemplo, pedir al estudiante que autoexplique frases o ideas esenciales del texto. La autoexplicación es una actividad constructiva cuyo principal objetivo es facilitar la construcción de la representación mental coherente del texto (Chi, 2000; Fonseca y Chi, 2011). Esta actividad de aprendizaje acentúa la comprensión del texto, por lo que su procesamiento está más inspirado en los modelos de comprensión y poco en los modelos de lectura orientada a tareas. Cuando se le pide al estudiante que autoexplique una frase, se espera que este monitorice su nivel de comprensión, dé sentido a la información que está leyendo, rellene las omisiones de información del texto y complete las lagunas conceptuales de su propio modelo mental (e.g., Chi, 2000; Chi y Bassok, 1989; Chi et al., 1994; Chi y VanLehn, 1991; McNamara, 2004b; Ozuru et al., 2010; Roy y Chi, 2005). Por lo tanto, podríamos asumir que el procesamiento de la autoexplicación está orientado por el modelo mental que el estudiante va construyendo durante la lectura del texto (Chi, 2000; Roy y Chi, 2005), siendo esta influencia mayor que las instrucciones proporcionadas por el profesor. Así como la actividad de responder preguntas, la eficacia de la autoexplicación para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo ha sido evidenciada en múltiples estudios incluso sin necesidad de un entrenamiento extensivo (e.g., Chi et al., 1994; Ozuru et al., 2010).

La naturaleza de ambas actividades de aprendizaje puede conllevar diferencias en cómo el estudiante procesa el texto, en cómo el estudiante distribuye el tiempo en la tarea, en la importancia del conocimiento previo para la actividad inferencial y, por consiguiente, en cómo los estudiantes

aprenden a partir de cada actividad de aprendizaje. Los objetivos generales de la tesis han sido analizar en detalle las diferencias en el procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas con el texto disponible y por la actividad de autoexplicación, así como examinar la eficacia de ambas actividades para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo. Para ello, se han tenido en cuenta múltiples medidas de procesamiento online, entre ellas, las estrategias de lectura empleadas por los estudiantes (i.e., paráfrasis, elaboraciones), su precisión (i.e., correctas, incorrectas) y el comportamiento del lector en la tarea (e.g., tiempo buscando información en el texto, tiempo respondiendo).

El presente trabajo consta de tres estudios experimentales los cuales, además de abordar estos objetivos generales, plantean objetivos específicos. Mientras que los dos primeros estudios nos ayudaron a conocer cómo los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) procesan el texto y aprenden a partir de la autoexplicación (en adelante, SE) y de la actividad de responder preguntas tras la lectura del texto (en adelante, QA), el último estudio nos ayudó a analizar una tercera actividad de aprendizaje, i.e., responder preguntas insertadas (en adelante, IQ), y también a replicar los resultados de los estudios previos con estudiantes universitarios.

El objetivo del estudio 1 consistió en llevar a cabo un análisis exploratorio del procesamiento y de la eficacia de la actividad de QA en comparación con SE. Asimismo, se pretendía examinar la variabilidad de las ideas textuales e inferenciales en las respuestas de los estudiantes dependiendo de la actividad de aprendizaje. El estudio 2 fue una continuación de este estudio piloto. Además de replicar los resultados del estudio previo, el estudio 2 pretendía analizar el efecto del tipo de pregunta (i.e., bajo nivel, alto nivel) y del tipo de frase a autoexplicar (i.e., frase-objetivo local, frase-objetivo global) en las estrategias de lectura utilizadas por los estudiantes. Igualmente, exploramos la influencia del conocimiento previo del estudiante en la

generación de elaboraciones dependiendo de la actividad de aprendizaje. Los resultados relativos a los objetivos generales evidenciaron que QA y SE son igual de eficaces para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo, a pesar de las significativas diferencias de procesamiento. Mientras que SE centró la atención del estudiante en parafrasear la información textual, QA favoreció la generación de elaboraciones, aunque solo difirió de SE en el número de elaboraciones incorrectas. Asimismo, QA centró al estudiante en buscar información relevante en el texto y en construir respuestas específicas y concisas, las cuales no incluían ideas tangenciales sino solo las ideas necesarias para responder a la pregunta. Por el contrario, SE indujo más tiempo de respuesta porque los estudiantes incluyeron un mayor número total de ideas en sus autoexplicaciones. Respecto al objetivo específico del estudio 1, encontramos que la diversidad de ideas textuales e inferenciales fue notablemente menor cuando los estudiantes respondían preguntas que cuando autoexplicaban frases del texto. Respecto a los objetivos específicos del estudio 2, los resultados mostraron que las estrategias de lectura empleadas por los estudiantes de la condición QA variaban en función del tipo de pregunta, por lo que las preguntas de alto nivel indujeron más elaboraciones que las preguntas de bajo nivel, mientras que las paráfrasis fueron más frecuentes en las preguntas de bajo nivel. Asimismo, la generación de elaboraciones se vio poco influida por el nivel de conocimiento previo de los estudiantes, es decir, los estudiantes con bajo y alto conocimiento previo mostraron un uso similar de inferencias elaborativas cuando respondieron preguntas. Por el contrario, las estrategias de lectura utilizadas por los estudiantes estaban poco influidas por el tipo de frase a autoexplicar; en su defecto, la generación de elaboraciones dependía más del nivel de conocimiento previo del estudiante que de las frases-objetivo globales. A pesar de estas diferencias, el procesamiento de QA y SE parece compensarse en lo que se refiere al aprendizaje del estudiante. Si bien las preguntas planteadas por el profesor pueden orientar al estudiante a

procesos cognitivos inferenciales, especialmente las preguntas de alto nivel, QA parece centrar el procesamiento en las ideas relevantes para resolver las preguntas; mientras que SE favorece la comprensión del texto como un todo (i.e., procesamiento de más ideas), en función del modelo mental del estudiante y de su conocimiento previo. Este conjunto de resultados nos llevó a preguntarnos qué habría ocurrido si la pregunta se hubiese presentado de forma continua y secuencial de la misma manera que la frase-objetivo a autoexplicar. Para ello, diseñamos el estudio 3.

El estudio 3 planteó objetivos similares a los del estudio 2, pero prestando especial atención al efecto de insertar las preguntas en el texto. Por lo tanto, este estudio contó con tres condiciones experimentales: IQ, QA, SE. Los objetivos principales fueron examinar el efecto de la inserción de las preguntas en el procesamiento y su repercusión en la eficacia de la actividad para el aprendizaje final del estudiante. Como objetivos secundarios, se pretendía examinar el efecto de IQ en las estrategias de lectura dependiendo del tipo de pregunta, además de examinar la influencia de IQ en la precisión y en la generación de elaboraciones dependiendo del conocimiento previo del estudiante y del tipo de pregunta. Los resultados mostraron que IQ se comportó como QA en comparación a SE, es decir, ambas condiciones de preguntas indujeron más elaboraciones y menos paráfrasis que SE; sin embargo, IQ llevó a los estudiantes a realizar más elaboraciones correctas que QA y SE, además de menos elaboraciones incorrectas que QA. La influencia del tipo de pregunta fue similar entre ambas condiciones de responder preguntas (IQ, QA). Las preguntas de alto nivel indujeron más elaboraciones que paráfrasis en ambas condiciones, aunque IQ indujo más elaboraciones correctas y menos elaboraciones incorrectas que QA. Pese a que el número de elaboraciones aumentó en las frases globales a autoexplicar en comparación con el estudio 2, el impacto del tipo de frase-objetivo en las estrategias de lectura no fue tan acentuado en SE, siendo

la paráfrasis la estrategia principal tanto en frases-objetivo locales como en frases-objetivo globales. La mayor precisión de IQ en las elaboraciones inducidas por las preguntas de alto nivel pudo explicarse porque los estudiantes de bajo conocimiento previo generaron menos elaboraciones incorrectas que los estudiantes de bajo conocimiento previo en la condición de QA. En cuanto al comportamiento lector, IQ mostró ser más eficiente que QA y SE en la búsqueda de información relevante en el texto, destinando más tiempo a la relectura de la información relevante en comparación con la información no relevante. Por último, IQ mostró ser más eficaz para el aprendizaje final que QA y SE, debido a la mayor precisión de las elaboraciones y el menor tiempo de relectura de información no relevante.

A partir de los resultados obtenidos en estos tres estudios pueden formularse las siguientes tres conclusiones generales.

Respecto al procesamiento inducido por la actividad de responder preguntas y la actividad de autoexplicar frases del texto, una de las primeras conclusiones que derivan de los estudios presentados en este trabajo es que la naturaleza de la actividad de aprendizaje determina el procesamiento del estudiante. Los tres estudios mostraron que ambas actividades de responder preguntas (QA, IQ) promovieron que los estudiantes generasen más elaboraciones en comparación con SE, mientras que la paráfrasis fue la principal estrategia que los estudiantes emplearon para autoexplicar frases del texto. Respecto al comportamiento en la tarea, los tres estudios mostraron que las preguntas limitaban el procesamiento de los estudiantes, de modo que estos se centraron en buscar la información relevante para responder la pregunta, sobre todo en QA; sin embargo, los estudiantes de SE necesitaron mucho tiempo para responder y construir sus autoexplicaciones porque incluyeron muchas ideas en sus respuestas. Respecto a la variabilidad de las respuestas, el estudio 1 reveló que las respuestas de los estudiantes a las preguntas fueron más similares, tanto

en lo que se refiere a las ideas textuales como a las ideas inferenciales, en comparación con la diversidad manifestada en las autoexplicaciones. Asimismo, en los estudios 2 y 3, encontramos que la mayor cantidad de elaboraciones en ambas condiciones de preguntas se debía al efecto del modelo de tarea y el procesamiento inducido por las preguntas de alto nivel; por el contrario, la generación de elaboraciones en la actividad de autoexplicación era más dependiente del nivel de conocimiento previo del estudiante que del tipo de frase a autoexplicar (i.e., frase-objetivo local, frase-objetivo global). Por todo ello, podemos apuntar que la actividad de responder preguntas es una actividad de aprendizaje altamente definida y dirigida por el modelo de tarea, el cual viene determinado por el tipo de pregunta planteado por el profesor; mientras que la autoexplicación es una actividad constructiva menos definida por las instrucciones del profesor (e.g. *target sentence*) y más orientada por las operaciones cognitivas que el estudiante lleva a cabo en función de su modelo mental y su nivel de conocimiento previo.

La actividad de responder preguntas con el texto disponible (IQ, QA) se puede considerar como una situación de lectura orientada a solucionar problemas (Britt et al., 2018; Rouet et al., 2017), entendiendo como “problemas” cada una de las preguntas planteadas por el profesor. A partir de la meta de la pregunta, el estudiante forma un modelo de tarea que dirige su procesamiento del texto hacia la información necesaria para responder a la pregunta (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). Cuando el estudiante se enfrenta a una pregunta de bajo nivel (e.g., “*¿Qué da lugar a la presión atmosférica?*”), este centra su atención en repetir o parafrasear ideas textuales específicas y relevantes para responder a la pregunta, ya sea porque las recupera de sus recursos de memoria o porque busca en un párrafo del texto las pocas ideas textuales que necesita (e.g., “*el peso del aire de la atmósfera*”). Cuando un estudiante se enfrenta a una pregunta de alto nivel (e.g., “*Si se replicara el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, ¿saldría más o menos*

mercurio del tubo hacia la cubeta? ¿Por qué?”), el modelo de tarea de naturaleza inferencial forzaría al estudiante a generar elaboraciones, incluso aun teniendo un bajo nivel de conocimiento previo en ciencias. Por lo tanto, el modelo de tarea inducido por el tipo de pregunta es determinante para explicar el procesamiento del estudiante (e. g., Cerdán, Gil, et al., 2011; Cerdán et al., 2009; Rouet, 2006; Rouet y Vidal-Abarca, 2002; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019), siendo su influencia incluso mayor que el nivel de conocimiento previo cuando el estudiante tiene el texto disponible. Esta conclusión es congruente con estudios previos sobre el efecto de la disponibilidad del texto en situaciones de lectura orientada a responder preguntas (e.g., Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017; Ozuru et al., 2007). En este tipo de situaciones, el déficit de conocimiento previo del estudiante puede ser compensado por la habilidad para buscar, localizar y utilizar la información del texto con objeto de construir una respuesta adecuada y ajustada al modelo de tarea.

Por el contrario, SE es una actividad de aprendizaje constructiva que no asigna al estudiante una demanda claramente definida, sino que su objetivo es construir una representación mental coherente del texto (Chi, 2000; Fonseca y Chi, 2011). Este objetivo es más general y puede desencadenar diferentes operaciones cognitivas dependiendo del conocimiento previo del estudiante (McNamara, 2001, 2004; McNamara y Kintsch, 1996; McNamara y Magliano, 2009a), así como del modelo mental que el estudiante va construyendo a medida que va leyendo (Chi, 2000; Chi et al., 1994; Roy y Chi, 2005). En general, los estudiantes con más conocimiento previo generan más elaboraciones para rellenar las omisiones de información y las lagunas conceptuales del propio modelo mental; mientras que los estudiantes con bajo conocimiento previo no generan tantas elaboraciones porque no tienen suficiente conocimiento previo y no se ven forzados por la tarea. La frase-objetivo que nosotros hemos denominado *local* y *global* no ha tenido un efecto directo en el procesamiento del estudiante, es decir, los estudiantes no generan más paráfrasis o

más elaboraciones porque deben autoexplicar frases-objetivo locales o globales, respectivamente. Así, el resultado de aprendizaje depende del procesamiento activo del estudiante para comprender el texto (Chi, 2008). Por todo ello, podemos asumir que SE es una actividad de aprendizaje que no limita ni orienta explícitamente el procesamiento del estudiante, de modo que las autoexplicaciones pueden no ceñirse a la frase-objetivo a autoexplicar y, además, puede haber múltiples autoexplicaciones diferentes ante una misma frase-objetivo. Esto es congruente con los resultados obtenidos en los tres estudios y, también, con la literatura relativa a esta actividad de aprendizaje (e.g., Bisra et al., 2018; Chi, 2000; Roy y Chi, 2005; Siegler, 2002).

En segundo lugar, el estudio 3 revela que hay condiciones dentro de una misma actividad que pueden modificar los procesos cognitivos, el comportamiento del estudiante en la tarea y el resultado de aprendizaje, por ejemplo, el momento de plantear la tarea (*timing* en inglés). En el estudio 3 se analizó el efecto de insertar las preguntas en el texto en el procesamiento y en el aprendizaje final del estudiante. A grandes rasgos, los resultados mostraron que IQ y QA son actividades de aprendizaje altamente definidas por el modelo de tarea de la pregunta, de modo que los estudiantes generaban más elaboraciones como consecuencia del impacto de las preguntas de alto nivel que por la influencia del conocimiento previo. Sin embargo, insertar las preguntas en el texto mostró mejoras en el procesamiento del estudiante en relación a la precisión de las elaboraciones (i.e., correctas, incorrectas) y la eficiencia de la relectura. Cuando analizamos en detalle la precisión de las elaboraciones, los resultados mostraron que IQ indujo más elaboraciones correctas que QA y SE, y menos elaboraciones incorrectas que QA. Esta mayor precisión de las elaboraciones tuvo lugar porque los estudiantes de bajo conocimiento previo de IQ cometieron menos errores de elaboración que los de QA a la hora de responder a las preguntas de alto nivel. Respecto al comportamiento de búsqueda, no encontramos diferencias significativas en el tiempo

de relectura entre IQ y QA; este solo fue menor en SE en comparación con QA. No obstante, cabe señalar que los estudiantes de ambas condiciones de preguntas no distribuyeron el tiempo de relectura de la misma forma: mientras que los estudiantes de IQ se centraron en releer la información relevante para responder a la pregunta, los estudiantes de QA invirtieron más tiempo en la relectura de información no relevante. Este conjunto de resultados nos lleva a concluir que la naturaleza de las preguntas insertadas facilita los procesos cognitivos y la localización de la información relevante para responder a las preguntas planteadas por el profesor. Pese a que responder preguntas, ya sea tras la lectura o insertadas en el texto, es una actividad altamente definida por el modelo de tarea inducido por la pregunta (Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019), la inmediatez de las preguntas insertadas puede facilitar la recuperación de la información relevante (e.g., Carrier y Fautsch-Patridge, 1981; Hamaker, 1986; Rickards y Di Vesta, 1974; Rothkopf y Bisbicos, 1967). Asimismo, los estudiantes de IQ conocen que, a medida que van leyendo, van a tener que responder preguntas sobre lo que acaban de leer, por lo que la inserción de las preguntas puede haber favorecido un procesamiento más activo y la generación de más inferencias entre las ideas del texto durante la lectura (Olson et al., 1985; van den Broek, Tzeng, et al., 2001; van den Broek et al., 1999). También es posible que IQ haya fomentado un procesamiento más dinámico en función de la información que el estudiante ha ido leyendo, mientras que QA podría haber basado su procesamiento del texto y de la pregunta en torno a la representación superficial y poco flexible de la lectura inicial (Robertson et al., 1985; van Oostendorp y Goldman, 1999). Respecto al comportamiento de búsqueda de información en el texto, IQ muestra ser más eficiente que QA porque acaba de leer la información relevante y, también, porque la información está acotada por la ubicación de las preguntas, lo que facilita su localización; sin embargo, en la actividad de QA, el estudiante dispone del texto completo para

buscar la información relevante. Aunque la representación inicial puede ayudar al estudiante a tomar decisiones relativas a la relectura (Cataldo y Oakhill, 2000; Cerdán et al., 2009), la identificación y la selección de la información relevante puede conllevar más tiempo para QA que para IQ por este motivo.

La tercera conclusión está relacionada con la eficacia de las actividades analizadas (IQ, QA y SE) para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo. Los resultados del estudio 3 mostraron que la mayor cantidad de elaboraciones correctas y el menor tiempo releendo información no relevante en IQ resultó en un rendimiento superior en la prueba de evaluación del aprendizaje en comparación con QA y SE, sobre todo en las preguntas de bajo nivel. El aprendizaje en QA se vio disminuido por la mayor cantidad de elaboraciones incorrectas originadas como consecuencia del procesamiento inducido por las preguntas de alto nivel. El aprendizaje en SE se vio influido positivamente por las elaboraciones correctas, pero la frecuencia de esta estrategia de lectura fue menor que en IQ e igual a QA. Por consiguiente, podemos concluir que la naturaleza de procesamiento condiciona el resultado de aprendizaje. Responder preguntas solo es más eficaz para el aprendizaje cuando las preguntas están insertadas en el texto. La mayor eficiencia en la relectura de la información relevante y la mayor precisión de la actividad inferencial puede haber contribuido a una mayor fuerza de almacenamiento de la información (i.e., formación de una representación mental más coherente e interrelacionada), la cual podría explicar el mayor recuerdo de la información del texto cinco días después de la fase de estudio (Bjork y Bjork, 2011). Respecto a las dos actividades analizadas en los tres estudios (i.e., QA y SE), todos ellos han mostrado que son actividades igualmente eficaces para el aprendizaje de conocimiento declarativo complejo a partir del texto, pero es importante señalar que la igualdad en términos de aprendizaje final no significa que este pueda ser explicado por los mismos mecanismos en QA y SE. Por ejemplo, los

resultados han revelado que QA puede inducir una mayor actividad inferencial en los estudiantes a través de las preguntas planteadas por el profesor, pero también puede conducir a un mayor número de errores conceptuales en la representación final del estudiante en comparación con SE. Asimismo, QA limita el procesamiento del texto a la búsqueda de información que no ha sido procesada en la lectura inicial en lugar de comprender el texto como un todo (Farr et al., 1990; Rupp et al., 2006; van den Broek, Tzeng, et al., 2001); sin embargo, SE ayuda al estudiante a formar una representación mental coherente en función de sus posibilidades y sin forzar procesos para los que el estudiante no está preparado. Otro aspecto a señalar es que una elaboración incorrecta solo parece tener efectos negativos en la actividad de responder preguntas, especialmente en QA, pero no en SE. El estudiante que autoexplica frases del texto sigue leyendo información correcta y, además, va monitorizando y revisando su modelo mental a medida que va leyendo (e.g., Chi y Bassok, 1989; Chi et al., 1994; Chi y VanLehn, 1991; Ozuru et al., 2010), por lo que tiene múltiples oportunidades para advertir el error conceptual y repararlo (Chi et al., 1994). Esto es congruente con los estudios de Chi et al. (1994) y McNamara (2004b). Teniendo en cuenta estos resultados parece lógico pensar que el procesamiento inducido por la naturaleza de QA se compensa con el procesamiento inducido por SE y, por tanto, no hay diferencias en el aprendizaje final entre ambas actividades.

Limitaciones

Este trabajo no está exento de limitaciones que deben ser consideradas en futuras investigaciones. En primer lugar, la medida de aprendizaje final no es neutra, ya que las preguntas de la prueba de evaluación (i.e., *posttest*) incitan a la recuperación de la información procesada en la fase de estudio de una forma concreta. Pese a que plantear preguntas es frecuente también para evaluar la eficacia de SE en el aprendizaje (e.g., Chi et al., 1994; McNamara, 2004b; McNamara

et al., 2004; Ozuru et al., 2010), podría parecer que los estudiantes de SE están en situación de desventaja porque los estudiantes de IQ y QA han sido entrenados en la tarea durante la fase de estudio. Esta primera limitación se relaciona con lo que se denomina *transfer appropriate processing* (TAP; Morris, Bransford y Franks, 1977). Bajo este principio se asume que, a mayor similitud entre los procesos, actividades o pruebas llevadas a cabo durante la fase de estudio (i.e., codificación) y la fase de evaluación (i.e., recuperación), mayor es el rendimiento final del estudiante; lo contrario ocurriría si los procesos son dispares entre la codificación y la recuperación (e.g., Franks, Bilbrey, Lien y McNamara, 2000; McCrudden, 2011; Morris et al., 1997). Sin embargo, no podemos predecir inequívocamente que el solapamiento entre los procesos o actividades de la fase de estudio y de la fase de evaluación va a tener efectos positivos en el rendimiento del estudiante; en su lugar, debemos prestar más atención a cómo las medidas de evaluación proporcionan señales o pistas al estudiante para recuperar la información (Nairne, 2002). De hecho, los resultados del presente trabajo no confirmaron este principio (i.e., TAP), ya que QA no obtuvo un rendimiento superior a SE en ningún estudio. Es posible que la demora entre la fase de estudio y la fase de evaluación (i.e., un día en el estudio 1, dos días en el estudio 2 y cinco días en el estudio 3) haya contribuido a disminuir este efecto. Aun así, para obtener una imagen completa de la contribución de las diferentes actividades para el aprendizaje del estudiante, pensamos que sería conveniente utilizar otras pruebas de evaluación diferentes a las preguntas alineadas al contenido codificado en la fase de estudio, por ejemplo, una prueba de recuerdo libre, o un resumen. Al hacer preguntas paralelas entre el *posttest* y las preguntas o frases-objetivo de la fase de estudio, estamos evaluando el recuerdo de esa información, pero no tenemos conocimiento de si estas actividades centran el aprendizaje del estudiante en la información relevante para la

tarea (i.e., pregunta, fase-objetivo) o, si por el contrario, los estudiantes también aprenden ideas que no se relacionan directamente con las preguntas o frases-objetivo de la fase de estudio.

La segunda limitación se refiere al diseño de los experimentos, por ejemplo, el número reducido de las preguntas y frases-objetivo, así como la ausencia del *feedback* en las respuestas de los estudiantes. Los estudios disponen de pocas preguntas y frases autoexplicar, tanto en la fase de estudio como en el *posttest*. El estudio 1 incluye más preguntas, pero el tiempo limitado de la fase de estudio y el cansancio manifestado por los estudiantes nos llevó a ceñirnos a las ideas clave de los textos. Sería conveniente analizar los efectos de estas actividades con un mayor número de preguntas y frases a autoexplicar. Asimismo, puesto que el objetivo es favorecer el aprendizaje de los estudiantes, hubiese sido conveniente proporcionar retroalimentación durante la fase de estudio para evitar los errores conceptuales y la construcción de una representación mental errónea por parte del estudiante; sin embargo, el software empleado para la implementación de los estudios (Read&Learn) solo ofrece retroalimentación en preguntas de elección múltiple, siendo la corrección y retroalimentación de las respuestas abiertas un reto todavía pendiente de abordar.

La tercera limitación se refiere a la ausencia de una condición control. Ninguno de los estudios cuenta con una condición control (e.g., leer el texto), por lo que no tenemos conocimiento de si las actividades aquí analizadas (i.e., IQ, QA y SE) contribuyen al aprendizaje en mayor medida que leer el texto sin ninguna tarea de lectura asociada. No obstante, estudios previos confirman que la actividad de responder preguntas y de la autoexplicación promueven un mayor aprendizaje que otras actividades de aprendizaje, por ejemplo, la relectura (e.g., Chi et al., 1994; Dunlosky et al., 2013; McDaniel, Wildman y Anderson, 2012; Ozgungor y Guthrie, 2004).

La cuarta limitación corresponde a la generalización de los resultados. Aun variando la edad de los participantes e incluso la etapa educativa entre los tres estudios (i.e., ESO,

Universidad), es necesario investigar si estos resultados se pueden generalizar a otras edades, etapas educativas e incluso con otros dominios de conocimiento como, por ejemplo, textos expositivos de historia. También es necesario evaluar si la eficacia de IQ sobre QA y SE se confirma usando otro tipo de preguntas, por ejemplo, preguntas más globales (e.g., “¿Cómo transcurrió el experimento de Torricelli?”). Las respuestas a este tipo de preguntas exigirían respuestas más amplias y los límites de procesamiento estarían menos definidos, lo cual se asemeja al proceso de respuesta de SE.

Por último, los estudios únicamente contemplaron la evaluación de dos procesos cognitivos (i.e., paráfrasis y elaboración) y de un factor intrapersonal (i.e., conocimiento previo), pero no contemplamos otros factores intrapersonales o metacognitivos que también son importantes en el aprendizaje a partir del material escrito. Por ejemplo, el nivel de comprensión del estudiante puede influir en el aprendizaje a partir de textos expositivos de ciencias, debido a que el vocabulario es menos familiar y la estructura es más compleja (Best et al., 2008, 2005; McNamara et al., 2012). Igualmente, la monitorización y la autorregulación del estudiante son cruciales en el proceso de comprensión y de lectura orientada a tareas (e.g., McNamara y Magliano, 2009a, 2009b; Rouet et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2019). Por último, también hubiese sido conveniente atender a la motivación del estudiante, la cual puede influir en las actividades de comprensión lectora, el rendimiento y el compromiso con la tarea (e.g., Guthrie y Klauda, 2016; Wigfield, Gladstone y Turci, 2016; Wolters, Denton, York y Francis, 2014).

Futuras líneas de investigación

Las conclusiones de la presente tesis y algunas de las limitaciones ya comentadas abren futuras líneas de investigación a abordar. Diseñar e implementar actividades de aprendizaje efectivas es uno de los mayores desafíos de los profesionales del ámbito educativo; sin embargo,

se necesita más investigación en contextos reales de aula. Una posible línea de investigación podría ser incluir en el aula estas actividades de aprendizaje (i.e., QA, IQ y SE) junto a una condición control para trabajar aquellas materias curriculares en las que los textos expositivos son el núcleo del proceso de enseñanza-aprendizaje (e.g., historia, física, geografía). Los estudiantes de la condición control podrían leer dos veces el texto para reducir las diferencias en el tiempo de realización de la tarea (e.g., Chi et al., 1994). Esta investigación podría darnos información de las condiciones educativas reales y de la duración necesaria para que cada actividad pueda manifestar efectos en el aprendizaje del estudiante a partir del material escrito. Respecto a la condición control, esta nos permitiría conocer si responder preguntas (insertadas o tras la lectura) o autoexplicar frases del texto conduce a un mejor aprendizaje en comparación con la lectura sin ninguna tarea asociada. Por contrapartida, esta futura línea de investigación requeriría el compromiso de los profesores para llevar a cabo esta intervención, lo cual a su vez comportaría la necesidad de instruirlos en estas actividades, en las estrategias de lectura básicas (i.e., paráfrasis, elaboraciones) y en cómo diseñar los diferentes tipos de pregunta y seleccionar las frases a autoexplicar.

En segundo lugar, sería aconsejable analizar con más detalle la eficacia de IQ para el aprendizaje final en comparación con QA y SE. Nuestros estudios no nos han permitido analizar si IQ promovió más actualizaciones del modelo mental y más reparaciones de errores conceptuales en comparación con QA (Olson et al., 1985; Robertson et al., 1985; van den Broek, Tzeng, et al., 2001; van Oostendorp y Goldman, 1999). Las preguntas planteadas en los estudios fueron independientes entre ellas, por lo que era poco probable encontrar recuperaciones o correcciones de ideas de respuestas anteriores. Por lo tanto, sería conveniente plantear más preguntas y más interrelacionadas. También sería necesario examinar las diferencias en la lectura del texto entre las

actividades de aprendizaje. Si bien no hay una lectura inicial en la actividad de IQ, sería interesante analizar si los estudiantes hacen más regresiones en la lectura del texto antes de ir a la pregunta en comparación con los estudiantes de QA, los cuales ya conocemos que suelen realizar una lectura rápida y superficial cuando conocen que van a tener el texto disponible para responder las preguntas (Ferrer et al., 2017; Higgs et al., 2017). Por último, sería necesario investigar si las preguntas insertadas son más efectivas en todas las etapas educativas o si, por el contrario, encontraríamos que IQ supone una carga cognitiva que interfiere en la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes de Educación Primaria (van den Broek, Tzeng, et al., 2001).

Otra futura línea de investigación se refiere a la mejora del diseño de los experimentos y sus posibles repercusiones en el procesamiento y la eficacia de estas actividades de aprendizaje. Por ejemplo, el uso de preguntas más globales (e.g., “¿Cómo transcurrió el experimento de Torricelli?”) podría haber reducido la diferencia en la variabilidad de las ideas textuales e inferenciales entre la respuesta del estudiante a esta pregunta y la autoexplicación de una frase del texto relativa al experimento de Torricelli. Así como hemos señalado en las limitaciones, también sería necesario analizar el efecto de la actividad en el aprendizaje utilizando otra prueba de evaluación (i.e., *posttest*) que también hiciera alusión al contenido no trabajado explícitamente en la fase de estudio. Este diseño nos permitiría analizar si las actividades (IQ, QA y SE) centran el aprendizaje del estudiante en la información relevante para la tarea (i.e., pregunta, frase-objetivo) o si, por el contrario, los estudiantes prestan atención a información tangencial del texto durante la fase de estudio cuando completan la actividad de aprendizaje planteada por el profesor.

En cuarto lugar, es posible que otros factores metacognitivos (e.g., monitorización, autorregulación) y otras diferencias individuales (e.g., motivación, comprensión lectora) estén influyendo en la relación de cada actividad con el aprendizaje final, por lo que se requiere una

investigación más exhaustiva que contemple estas variables. En la actividad de responder preguntas (IQ, QA), es probable que el nivel de comprensión lectora del estudiante haya influido en la autorregulación y en la búsqueda de la información relevante (e.g., Cataldo y Oakhill, 2000; Cerdán, Gilabert, et al., 2011; Cerdán et al., 2008; Mañá et al., 2017), así como en la formación del modelo de tarea (Vidal-Abarca et al., 2010). También es posible que un bajo nivel de comprensión haya influido en el procesamiento inferencial del estudiante durante la lectura (e.g., Magliano y Millis, 2003), lo cual podría haber afectado en mayor medida a SE, ya que esta actividad enfatiza la construcción de la representación mental coherente del texto de forma online. Por otro lado, también se podría haber preguntado al estudiante con qué probabilidad se ven capaces de responder a la pregunta o a la frase-objetivo sin volver a leer el texto para analizar estas respuestas en conjunción a las decisiones (e.g., número de veces que relee), el comportamiento del estudiante en la tarea (e.g., número de segmentos visitados en la relectura, tiempo releendo información relevante) y su rendimiento en la actividad. Esta estrategia de investigación ha sido utilizada en otros estudios para forzar al estudiante a tomar consciencia de su nivel de comprensión y, por consiguiente, autorregular el procesamiento, las decisiones de interacción con el texto y la tarea, la distribución del tiempo de estudio, así como la relectura de la información relevante para la tarea (e.g., Dunlosky, Rawson y Middleton, 2005; Metcalfe y Kornell, 2005; Metcalfe y Finn, 2008; Schraw, 2009).

Por último, sería positivo analizar el procesamiento y el efecto de IQ, QA y SE en el aprendizaje del estudiante cuando se le ofrece retroalimentación inmediata, elaborada y centrada en su error conceptual. Esta podría ayudar al alumno a advertir y reparar sus errores conceptuales (e.g., Maier, Wolf y Randler, 2016; Máñez, 2019) y, por consiguiente, a reducir el efecto negativo de las elaboraciones incorrectas en el aprendizaje. A la vista de los resultados en los tres estudios

consideramos que esta sugerencia es importante para evitar que el estudiante arraigue ideas erróneas en su aprendizaje a partir del texto, especialmente si se trata de QA.

Implicaciones educativas

Además de las consideraciones teóricas, esta tesis presenta varias implicaciones educativas, la mayoría de las cuales ya han sido mencionadas. No obstante, a continuación, se profundizará en las principales implicaciones.

El presente trabajo enfatiza que las preguntas son una actividad de aprendizaje mediante la cual los profesores pueden orientar el procesamiento y el aprendizaje del estudiante hacia segmentos relevantes de información. Habitualmente, los profesores utilizan la actividad de responder preguntas como actividad de aprendizaje y como actividad de evaluación (Ness, 2011, Sánchez y García, 2015; Sánchez et al., 2010; van den Broek, Tzeng, et al., 2001); no obstante, los profesores deben tomar consciencia de qué hacen en las aulas y qué podrían mejorar para ayudar a los estudiantes a aprender a partir del material escrito (Sánchez et al., 2010). De aquí la importancia de relacionar la investigación educativa con la práctica para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los resultados del presente trabajo muestran que realizar preguntas de bajo nivel y preguntas de alto nivel tras leer el texto no es más eficaz para el aprendizaje que la autoexplicación de frases durante la lectura. Por consiguiente, los profesores no deben subestimar la eficacia de la autoexplicación. Esta actividad de aprendizaje es tan eficaz como plantear preguntas tras la lectura del texto, pero su diseño es menos exigente y demandante. Para diseñar la actividad de autoexplicación, el profesor debe analizar el texto e identificar la información que el estudiante debe comprender en base al criterio de importancia, es decir, el profesor debe seleccionar aquellas frases que contienen ideas centrales o esenciales para la comprensión del texto. Sin embargo,

diseñar una buena pregunta de aprendizaje requiere numerosos procesos y habilidades complejas para las que el profesor puede no estar entrenado, por ejemplo, la habilidad para hacer coincidir la información relevante para responder a la pregunta con la información importante del texto, y/o favorecer el procesamiento activo y la actividad inferencial del estudiante por medio de la pregunta. Podemos afirmar, por tanto, que el diseño, la implementación y la responsabilidad del profesor en la eficacia de las actividades de aprendizaje son aspectos de vital importancia, sobre todo a la hora de plantear la actividad de responder preguntas insertadas o tras la lectura del texto. De hecho, deberíamos matizar que las preguntas insertadas son más eficaces siempre que se planteen preguntas adecuadas al estudiante, es decir, preguntas que no sean literales, sino que requieran la comprensión y la extracción de significados del texto (i.e., preguntas de bajo nivel), así como la actividad inferencial y la integración de la nueva información con el conocimiento previo (i.e., preguntas de alto nivel).

Una segunda implicación se encuentra relacionada con el momento en el que se plantea la pregunta. En el estudio 3, las preguntas insertadas ayudaron a los estudiantes universitarios a aprender conocimiento declarativo complejo; sin embargo, van den Broek, Tzeng, et al., (2001) demostró que las preguntas insertadas son un obstáculo para el aprendizaje de los estudiantes más jóvenes, ya que estas exigen procesos cognitivos y metacognitivos que compiten con los procesos básicos de comprensión (e.g., entender las ideas, realizar inferencias). Por lo tanto, las condiciones en las que se plantea la actividad, la edad y las habilidades de comprensión de los estudiantes deben ser consideradas a la hora de plantear la actividad de responder preguntas insertadas en el texto. En el caso de estudiantes jóvenes con habilidades de comprensión poco desarrolladas (e.g., primeros cursos de Educación Primaria), sería contraindicado el uso de preguntas insertadas; en

su lugar, sería aconsejable plantear preguntas posteriores a la lectura del texto para dirigir la revisión y el aprendizaje de la información relevante.

Una tercera implicación es la necesidad de que los profesores entiendan que no existe una actividad eficaz para garantizar el aprendizaje de todo el grupo-clase, sino que la efectividad se explica a través de condiciones y mecanismos bajo los cuales una actividad puede ayudar más que otra a un estudiante. Por consiguiente, es necesario evaluar las condiciones bajo las que se proponen las actividades de aprendizaje y ser flexibles para atender a las necesidades de los alumnos. En términos generales, el profesor no debería plantear al estudiante con bajo y medio conocimiento previo la actividad de autoexplicar frases del texto, ya que este se limitaría a repetir o parafrasear la información textual; por el contrario, en estos casos sería aconsejable orientar su procesamiento a través de metas específicas (e.g., preguntas). A través de las preguntas, además de orientar el procesamiento y la revisión de la información relevante, se podría plantear situaciones hipotéticas para promover la generación de elaboraciones (i.e., preguntas de alto nivel), las cuales tendrían consecuencias positivas en el aprendizaje final del estudiante si estas son correctas. Asimismo, teniendo en cuenta las habilidades de comprensión del estudiante, podría ser positivo que el profesor insertase las preguntas inmediatamente tras la lectura de la información relevante para reducir los errores conceptuales. Si no es posible insertar las preguntas en el texto por el motivo mencionado con anterioridad (i.e., habilidades de comprensión poco desarrolladas), el profesor debería proporcionar retroalimentación al estudiante para evitar el efecto negativo de las elaboraciones incorrectas en el aprendizaje. Únicamente cuando el estudiante tenga un alto conocimiento previo sería recomendable pedirle que autoexplique frases relevantes del texto; de este modo, los estudiantes se beneficiarían de no tener metas específicas que limitasen su procesamiento del texto y su actividad inferencial.

En definitiva, para ayudar a los estudiantes a aprender conocimiento declarativo complejo a partir de textos, los profesores pueden utilizar tanto la actividad de responder preguntas como la autoexplicación de frases del texto, teniendo en cuenta que hay condiciones (e.g., diseño, *timing*) que pueden modificar el procesamiento y la eficacia de la actividad para el aprendizaje. En última instancia, el objetivo del presente trabajo es que los profesores comprendan el procesamiento inducido por las actividades aquí analizadas y, también, que sean capaces de plantear la actividad de responder preguntas o de autoexplicar frases del texto en función de las necesidades de aprendizaje y de las diferencias individuales de los estudiantes.

FINAL REFERENCES ⁴

- Adams, M., & Collins, A. (1979). A schema-theoretic view of reading. In R. Freedle (Ed.), *New directions in discourse processing*. Norwood, NJ: Ablex.
- Afflerbach, P. (1986). The influence of prior knowledge on expert readers' importance assignment processes. In J. A. Niles & R.V. Lalik (Eds.), *Solving problems in literacy: Learners, teachers, and researchers* (pp. 30-40). Chicago, IL: National Reading Conference.
- Agarwal, P. K. (2019). Retrieval practice & Bloom's taxonomy: Do students need fact knowledge before higher order learning? *Journal of Educational Psychology*, *111*(2), 189–209. doi:1037/edu0000282
- Ainsworth, S., & Burcham, S. (2007). The impact of text coherence on learning by self-explanation. *Learning and Instruction*, *17*(3), 286–303. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.02.004

⁴ This section includes the bibliographical references of the following sections: "Introduction", "Capítulo 1. Marco teórico [Chapter 1. Theoretical framework]" and "Capítulo 4. Conclusiones generales [Chapter 4. General conclusions]".

- Albrecht, J. E., & Myers, J. L. (1995). Role of context in accessing distant information during reading. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 21(6), 1459–1468. doi:10.1037//0278-7393.21.6.1459
- Alozie, N., Moje, E., & Krajcik, J. (2009). An analysis of the supports and constraints for scientific discussion in high school project-based science. *Science Education*, 94(3), 395–427. doi:10.1002/sce.20365
- Anderson, R. C. (1994). Role of the reader's schema in comprehension, learning, and memory. In R. B. Ruddell, M. R. Ruddell, & H. Singer (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (pp. 469–482). Newark, DE: International Reading Association. (Reprinted from *Learning to read in american schools: Basal readers and content texts*, by Anderson et al., Eds., 1984, Hillsdale, NJ: Erlbaum).
- Anderson, R. C., & Pearson, P. D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 255-291). New York, NY: Longman.
- Andre, T. (1979). Does answering higher-level questions while reading facilitate productive learning? *Review of Educational Research*, 49(2), 280–318. doi:10.2307/1169962
- Barnes, M. A., Dennis, M., & Haefele-Kalvaitis, J. (1996). The effects of knowledge availability and knowledge accessibility on coherence and elaborative inferencing in children from six to fifteen years of age. *Journal of Experimental Child Psychology*, 61(3), 216–241. doi:10.1006/jecp.1996.0015
- Berland, L., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argument. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68–94. doi:10.1002/tea.20446

-
- Best, R. M., Floyd, R. G., & McNamara, D. S. (2008). Differential competencies contributing to children's comprehension of narrative and expository texts. *Reading Psychology, 29*(2), 137–164. doi:10.1080/02702710801963951
- Best, R. M., Rowe, M. M. S., Ozuru, Y., & McNamara, D. S. (2005). Deep-level comprehension of science texts: The role of the reader and the text. *Topics in Language Disorders, 25*(1), 65–83. doi:10.1097/00011363-200501000-00007
- Bisra, K., Liu, Q., Nesbit, J. C., Salimi, F., & Winne, P. H. (2018). Inducing self-explanation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review, 30*, 703-725. doi:10.1007/s10648-018-9434-x
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). *Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning*. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, J. R. Pomerantz (Eds.) & FABBS Foundation, *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 56–64). New York, NY: Worth Publishers.
- Bohn-Gettler, C. M., & Kendeou, P. (2014). The interplay of reader goals, working memory, and text structure during reading. *Contemporary Educational Psychology, 39*(3), 206–219. doi:10.1016/j.cedpsych.2014.05.003
- Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11*(6), 717–726. doi:10.1016/S0022-5371(72)80006-9
- Bransford, J. D., & McCarrell, N. S. (1974). A sketch of a cognitive approach to comprehension: Some thoughts about understanding what it means to comprehend. In W. B. Weimer & D.

- S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes* (pp. 189–229). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Britt, M. A., Rouet, J.-F., & Durik, A. (2018). *Literacy beyond text comprehension: A theory of purposeful reading*. New York, NY: Routledge.
- Cain, K., Oakhill, J. V., Barnes, M. A., & Bryant, P. E. (2001). Comprehension skill, inference-making ability, and their relation to knowledge. *Memory & Cognition*, 29(6), 850–859. doi:10.3758/BF03196414
- Carrier, C. A., & Fautsch-Patridge, T. (1981). Levels of questions: A framework for the exploration of processing activities. *Contemporary Educational Psychology*, 6(4), 365–382. doi:10.1016/0361-476X(81)90019-9
- Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers College Record*, 64(8), 723–733.
- Cataldo, M. G., & Oakhill, J. (2000). Why are poor comprehenders inefficient searchers? An investigation into the effects of text representation and spatial memory on the ability to locate information in text. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), 791–799. doi:10.1037/0022-0663.92.4.791
- Cerdán, R., Gil, L., & Vidal-Abarca, E. (2011). Question-driven processing in single and multiple texts. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Eds.), *Text relevance and learning from text* (pp. 295–319). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Cerdán, R., Gilabert, R., & Vidal-Abarca, E. (2010). Estrategias de selección de información en tareas de contestación a preguntas [Information selection strategies in question answering tasks]. *Infancia y Aprendizaje*, 33(4), 449–460. doi:10.1174/021037010793139626

- Cerdán, R., Gilabert, R., & Vidal-Abarca, E. (2011). Selecting information to answer questions: Strategic individual differences when searching texts. *Learning and Individual Differences, 21*(2), 201–205. doi:10.1016/j.lindif.2010.11.007
- Cerdán, R., Martínez, T., Vidal-Abarca, E., Gilabert, R., Gil, L., & Rouet, J.-F. (2008). Search and comprehension processes in learning from text. In J.-F. Rouet, R. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Understanding multimedia documents* (pp. 121–147). New York, NY: Springer.
- Cerdán, R., & Vidal-Abarca, E. (2008). The effects of tasks on integrating information from multiple documents. *Journal of Educational Psychology, 100*(1), 209–222. doi:10.1037/0022-0663.100.1.209
- Cerdán, R., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gilabert, R., & Gil, L. (2009). Impact of question-answering tasks on search processes and reading comprehension. *Learning and Instruction, 19*(1), 13–27. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.12.003
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science* (Vol. 5, pp. 161–238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., & Bassok, M. (1989). Learning from examples via self-explanations. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 251-282). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, *13*(2), 145–182. doi:10.1016/0364-0213(89)90002-5
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, *18*(3), 439–477. doi:10.1207/s15516709cog1803_3
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, *5*(2), 121–152. doi:10.1207/s15516709cog0502_2
- Chi, M. T., & VanLehn, K. A. (1991). The content of physics self-explanations. *Journal of the Learning Sciences*, *1*(1), 69–105. doi:10.1207/s15327809jls0101_4
- Chiappetta, E. L., & Fillman, D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the united states for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, *29*(2), 1847–1868. doi:10.1080/09500690601159407
- Chiesi, H. L., Spilich, G. J., & Voss, J. F. (1979). Acquisition of domain-related information in relation to high and low domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *18*(3), 257–273. doi:10.1016/S0022-5371(79)90146-4
- Conati C., & VanLehn, K. (1999). Teaching meta-cognitive skills: Implementation and evaluation of a tutoring system to guide self-explanation while learning from examples. In S. P. Lajoie & M. Vivet (Eds.), *Artificial intelligence in education* (pp. 297-304), Amsterdam: IOS Press.
- Coté, N., & Goldman, S. R. (1999). Building representations of informational text: Evidence from children's think-aloud protocols. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The*

- construction of mental representations during reading* (pp. 169–193). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Coté, N., Goldman, S. R., & Saul, E. U. (1998). Students making sense of informational text: Relations between processing and representation. *Discourse Processes*, 25(1), 1–53. doi:10.1080/01638539809545019
- Cromley, J. G., Snyder-Hogan, L. E., & Dubas, U. A. (2010). Reading comprehension of scientific text: A domain-specific test of the direct and inferential mediation model of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 687–700. doi:10.1037/a0019452
- Dahlgren, L. O., & Marton, F. (1978). Students' conceptions of subject matter: An aspect of learning and teaching in higher education. *Studies in Higher Education*, 3(1), 25–35. doi:10.1080/03075077812331376316
- Dornisch, M. M. (2012). Adjunct questions: Effects on learning. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (pp. 128–129). Boston, MA: Springer.
- Duchastel, P. C. (1979). *Adjunct questions effect and experimental constraints* (Occasional paper No. 1). Bryn Mawr, PA: American College. Retrieved from <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1018.3044&rep=rep1&type=pdf>
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & 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. doi:10.1177/1529100612453266

- Dunlosky, J., Rawson, K., A. & Middleton, E. L. (2005). What constrains the accuracy of metacomprehension judgments? Testing the transfer-appropriate-monitoring and accessibility hypotheses. *Journal of Memory and Language*, *52*(4), 551–565. doi:10.1016/j.jml.2005.01.011
- Elbro, C., & Buch-Iversen, I. (2013). Activation of background knowledge for inference making: Effects on reading comprehension. *Scientific Studies of Reading*, *17*(6), 435–452. doi:10.1080/10888438.2013.774005
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, *102*(2), 211–245. doi:10.1037/0033-295X.102.2.211
- Farr, R., Pritchard, R., & Smitten, B. (1990). A description of what happens when an examinee takes a multiple-choice reading comprehension test. *Journal of Educational Measurement*, *27*(3), 209–226. doi:10.1111/j.1745-3984.1990.tb00744.x
- Ferguson-Hessler, M. G. M., & de Jong, T. (1990). Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, *7*(1), 41-54.
- Ferrer, A., Vidal-Abarca, E., Serrano, M. Á., & Gilabert, R. (2017). Impact of text availability and question format on reading comprehension processes. *Contemporary Educational Psychology*, *51*, 404–415. doi:10.1016/j.cedpsych.2017.10.002
- Fisher, C. W., & Berliner, D. C. (1985). *Perspectives on instructional time*. New York: Longman.
- Fonseca, B., A. & Chi, M. T. H. (2011). Instruction based on self-explanation. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Educational psychology handbook: Handbook of research on learning and instruction* (pp. 296-321). New York, NY: Routledge Press.
- Franks, J. J., Bilbrey, C. W., Lien, K. G., & McNamara, T. P. (2000). Transfer-appropriate processing (TAP). *Memory & Cognition*, *28*(7), 1140-1151. doi:10.3758/BF03211815

-
- Gernsbacher, M. A. (1997). Two decades of structure building. *Discourse Processes, 23*(3), 265–304. doi:10.1080/01638539709544994
- Gernsbacher, M. A., Varner, K., & Faust, M. (1990). Investigating differences in general comprehension skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*(3), 430–445. doi:10.1037//0278-7393.16.3.430
- Gettinger, M., & Ball, C. (2007). Best practices in increasing academic engaged time. In A. Thomas & J. Grimes (Eds.), *Best practices in school psychology V* (pp. 1043–1075). Bethesda, MD: National Association of School Psychologists.
- Gil, L., Martinez, T., & Vidal-Abarca, E. (2015). Online assessment of strategic reading literacy skills. *Computers and Education, 82*, 50–59. doi:10.1016/j.compedu.2014.10.026
- Gil, L., Vidal-Abarca, E., & Martínez, T. (2015). Efficacy of note-taking to integrate information from multiple documents. *Journal for the Study of Education and Development, 31*(2), 259–272. doi:10.1174/021037008784132905
- Glenberg, A. M., Meyer, M., & Lindem, K. (1987). Mental models contribute to foregrounding during text comprehension. *Journal of Memory and Language, 26*(1), 69–83. doi:10.1016/0749-596X(87)90063-5
- Golding, J. M., Graesser, A. C., & Millis, K. K. (1990). What makes a good answer to a question? Testing a psychological model of question answering in the context of narrative text. *Discourse Processes, 13*(3), 305–325. doi:10.1080/01638539009544761
- Goldman, S. R., Britt, M. A., Brown, W., Cribb, G., George, M. A., Greenleaf, C., ... Shanahan, C. (2016). Disciplinary literacies and learning to read for understanding: A conceptual framework for disciplinary literacy. *Educational Psychologist, 51*(2), 219–246. doi:10.1080/00461520.2016.1168741

- Goldman, S. R., & Durán, R. P. (1988). Answering questions from oceanography texts: Learner, task, and text characteristics. *Discourse Processes*, *11*(4), 373–412. doi:10.1080/01638538809544710
- Goldman, S. R., & George, M. (2019). What are we reading for? A disciplinary literacy perspective on purpose. In K. Millis, D. L. Long, J. P. Magliano, & K. Wiemer (Eds.), *Deep comprehension: Multidisciplinary approaches to understanding, enhancing, and measuring comprehension* (pp. 80–95). New York, NY: Routledge.
- Goldman, S. R., Varma, S., & Coté, N. (1996). Extending capacity-constrained construction integration: Toward “smarter” and flexible models of text comprehension. In B. K. Britton & A. C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text* (pp. 73–113). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Graesser, A. C., & Franklin, S. P. (1990). QUEST: A cognitive model of question answering. *Discourse Processes*, *13*(3), 279–303. doi:10.1080/01638539009544760
- Graesser, A. C., León, J., & Otero, J. (2002). Introduction to the psychology of science text comprehension. In J. Otero, J. A. León, & A. C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 1–15). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Graesser, A. C., Millis, K. K., & Zwaan, R. A. (1997). Discourse Comprehension. *Annual Review of Psychology*, *48*, 163–189. doi:10.1146/annurev.psych.48.1.163
- Graesser, A. C., Olde, B., Pomeroy, V., Whitten, S., Lu, S., & Craig, S. (2005). Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos [Inferences and questions in the comprehension of scientific texts]. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, *36*, 103–128.

- Graesser, A. C., Ozuru, Y., & Sullins, J. (2010). What is a good question? In M. G. McKeown, & L. Kucan (Eds.), *Bringing reading research to life* (pp. 112–141). New York, NY: Guilford Press.
- Graesser, A. C., Singer, M., & Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, *101*(3), 371–395. doi:10.1037/0033-295x.101.3.371
- Guthrie, J. T., & Kirsch, I. S. (1987). Distinctions between reading comprehension and locating information in text. *Journal of Educational Psychology*, *79*(3), 220–227. doi:10.1037/0022-0663.79.3.220
- Guthrie, J. T., & Klauda, S. L. (2016). Engagement and motivational processes in reading. In P. Afflerbach (Ed.), *Handbook of individual differences in reading* (pp. 41–53). New York, NY: Routledge.
- Halpain, D. R., Glover, J. A., & Harvey, A. L. (1985). Differential effects of higher and lower order questions: Attention hypotheses. *Journal of Educational Psychology*, *77*(6), 703–715. doi:10.1037/0022-0663.77.6.703
- Hamaker, C. (1986). The effects of adjunct questions on prose learning. *Review of Educational Research*, *56*(2), 212–242. doi:10.2307/1170376
- Higgs, K., Magliano, J. P., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., & McNamara, D. S. (2017). Bridging skill and task-oriented reading. *Discourse Processes*, *54*(1), 19–39. doi:10.1080/0163853X.2015.1100572
- Hirsch, E. D. (2003). Reading comprehension requires knowledge- of words and the world scientific insights into the fourth-grade slump and the nation’s stagnant comprehension scores. *American Educator*, *27*(1), 10–29.

- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, UK: Harvard University Press.
- Kendeou, P., & van den Broek, P. (2007). The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during reading of scientific texts. *Memory & Cognition*, *35*(7), 1567–1577. doi:10.3758/BF03193491
- Kintsch, W. (1979). On modeling comprehension. *Educational Psychologist*, *14*(1), 3–14. doi:10.1080/00461527909529202
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, *95*(2), 163–182. doi:10.1037/0033-295X.95.2.163
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kintsch, W., & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, *85*(5), 363–394. doi:10.1037/0033-295X.85.5.363
- Klatzky, R. (1975). *Human memory: Structures and processes*. San Francisco: Freeman.
- Koriat, A., & Levy-Sadot, R. (1999). Processes underlying metacognitive judgments: Information-based and experience-based monitoring of one's own knowledge. In S. Chaiken & Y. Trope (Eds.), *Dual-process theories in social psychology* (pp. 483–502). New York, NY: Guilford Press.
- Kuhn, D., & Katz, J. (2009). Are self-explanations always beneficial? *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(3), 386–394. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.003

-
- Lachner, A., Backfisch, I., Hoogerheide, V., van Gog, T., & Renkl, A. (2020). Timing matters! Explaining between study phases enhances students' learning. *Journal of Educational Psychology, 112*(4), 841–853. doi:10.1037/edu0000396
- Lazonder, A. W., & Rouet, J.-F. (2008). Information problem solving instruction: Some cognitive and metacognitive issues. *Computers in Human Behavior, 24*(3), 753–765. doi:10.1016/j.chb.2007.01.025
- Lehman, S., & Schraw, G. (2002). Effects of coherence and relevance on shallow and deep text processing. *Journal of Educational Psychology, 94*(4), 738–750. doi:10.1037/0022-0663.94.4.738
- Lenski, S. D., & Nierstheimer, S. L. (2002). Strategy instruction from a sociocognitive perspective. *Reading Psychology, 23*(2), 127–143. doi: 10.1080/027027102760351034
- Linderholm, T., & van den Broek, P. (2002). The effects of reading purpose and working memory capacity on the processing of expository text. *Journal of Educational Psychology, 94*(4), 778–784. doi:10.1037/0022-0663.94.4.778
- Llorens, A. C., & Cerdán, R. (2012). Assessing the comprehension of questions in task-oriented reading. *Revista de Psicodidáctica, 17*(2), 233-252. doi:10.1387/Rev.Psicodidact.4496
- Lombrozo, T. (2006). The structure and function of explanations. *Trends in Cognitive Sciences, 10*(10), 464–470. doi:10.1016/j.tics.2006.08.004
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., & Mogan, A. M. (1987). Task effects and individual differences in on-line processing of the topic structure of a text. *Discourse Processes, 10*(1), 63–80. doi:10.1080/01638538709544659

- MacDonald, M. C., & Christiansen, M. H. (2002). Reassessing working memory: Comment on Just and Carpenter (1992) and Waters and Caplan (1996). *Psychological Review*, *109*(1), 35–54. doi:10.1037/0033-295X.109.1.35
- Magliano, J. P., & Millis, K. K. (2003). Assessing reading skill with a think-aloud procedure and latent semantic analysis. *Cognition and Instruction*, *21*(3), 251–283. doi:10.1207/S1532690XCI2103_02
- Maier, U., Wolf, N., & Randler, C. (2016). Effects of a computer-assisted formative assessment intervention based on multiple-tier diagnostic items and different feedback types. *Computers & Education*, *95*, 85–98. doi: 0.1016/j.compedu.2015.12.002
- Mañá, A., Vidal-Abarca, E., Domínguez, C., Gil, L., & Cerdán, R. (2009). Papel de los procesos metacognitivos en una tarea de pregunta-respuesta con textos escritos [Role of metacognitive processes in a question-answering task with written texts]. *Infancia y Aprendizaje*, *32*(4), 553–565. doi:10.1174/021037009789610412
- Mañá, A., Vidal-Abarca, E., & Salmerón, L. (2017). Effect of delay on search decisions in a task-oriented reading environment. *Metacognition and Learning*, *12*(1), 113–130. doi:10.1007/s11409-016-9162-x
- Máñez, I. (2019). *Processing and effectiveness of formative feedback to increase comprehension and learning of conceptual knowledge in digital environments* (Doctoral dissertation, University of Valencia, Valencia, Spain). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1797354>
- Mason, L., Tornatora, M. C., & Pluchino, P. (2013). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers & Education*, *60*(1), 95–109. doi:10.1016/j.compedu.2012.07.011

- McCrudden, M. T. (2011). Do specific relevance instructions promote transfer appropriate processing? *Instructional Science*, *39*(6), 865–879. doi:10.1007/s11251-010-9158-x
- McCrudden, M. T., Magliano, J. P., & Schraw, G. (2011). Relevance in text comprehension. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Eds.), *Text relevance and learning from text* (pp. 1–17). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- McCrudden, M. T., & Schraw, G. (2007). Relevance and goal-focusing in text processing. *Educational Psychology Review*, *19*(2), 113–139. doi:10.1007/s10648-006-9010-7
- McCrudden, M. T., Schraw, G., & Kambe, G. (2005). The effect of relevance instructions on reading time and learning. *Journal of Educational Psychology*, *97*(1), 88–102. doi:10.1037/0022-0663.97.1.88
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (1989). Material-appropriate processing: A contextualist approach to reading and studying strategies. *Educational Psychology Review*, *1*(2), 113–145. doi:10.1007/BF01326639
- McDaniel, M. A., Wildman, K. M., & 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. doi:10.1016/j.jarmac.2011.10.001
- McNamara, D. S. (2001). Reading both high-coherence and low-coherence texts: Effects of text sequence and prior knowledge. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, *55*(1), 51–62. doi:10.1037/h0087352
- McNamara, D. S. (2004a). Aprender del texto: Efectos de la estructura textual y las estrategias del lector [Learning from text: Effects of text structure and reader strategies]. *Revista Signos*, *37*(55), 19–30. doi:10.4067/S0718-09342004005500002

- McNamara, D. S. (2004b). SERT: Self-explanation reading training. *Discourse Processes*, 38(1), 1–30. doi:10.1207/s15326950dp3801_1
- McNamara, D. S. (2017). Self-explanation and reading strategy training (SERT) improves low-knowledge students' science course performance. *Discourse Processes*, 54(7), 479–492. doi:10.1080/0163853X.2015.1101328
- McNamara, D. S., Graesser, A. C., & Louwrese, M. (2012). Sources of text difficulty: Across genres and grades. In J. P. Sabatini, E. Albro, & T. O'Reilly (Eds.), *Measuring up: Advances in how we assess reading ability* (pp. 89–116). Lanham, MD: R&L Education.
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. (1996). Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22(3), 247–288. doi:10.1080/01638539609544975
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14(1), 1–43. doi:10.1207/s1532690xci1401_1
- McNamara, D. S., Levinstein, I. B., & Boonthum, C. (2004). iSTART: Interactive strategy training for active reading and thinking. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 36(2), 222–233. doi:10.3758/BF03195567
- McNamara, D. S., & Magliano, J. P. (2009a). Self-explanation and metacognition: The dynamics of reading. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education* (pp. 60–81). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- McNamara, D. S., & Magliano, J. P. (2009b). Towards a comprehensive model of comprehension. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 51, pp. 297–384). New York, NY: Elsevier Science.

-
- McNamara, D. S., & Scott, J. L. (2001). Working memory capacity and strategy use. *Memory & Cognition*, 29, 10–17. doi:10.3758/BF03195736
- Means, M. L., & Voss, J. F. (1985). Star Wars: A developmental study of expert and novice knowledge structures. *Journal of Memory and Language*, 24(6), 746–757. doi:10.1016/0749-596X(85)90057-9
- Metcalfe, J. (2002). Is study time allocated selectively to a region of proximal learning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(3), 349–363. doi:10.1037/0096-3445.131.3.349
- Metcalfe, J., & Finn, B. (2008). Evidence that judgments of learning are causally related to study choice. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(1), 174–179. doi:10.3758/PBR.15.1.174
- Metcalfe, J., & Kornell, N. (2005). A region of proximal learning model of study time allocation. *Journal of Memory and Language*, 52(4), 463–477. doi:10.1016/j.jml.2004.12.001
- Morris, C. D., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 16(5), 519–533. doi:10.1016/S0022-5371(77)80016-9
- Morrow, D. G., Bower, G. H., & Greenspan, S. L. (1989). Updating situation models during narrative comprehension. *Journal of Memory and Language*, 28(3), 292–312. doi:10.1016/0749-596X(89)90035-1
- Mosenthal, P. B. (1996). Understanding the strategies of document literacy and their conditions of use. *Journal of Educational Psychology*, 88(2), 314–332. doi:10.1037/0022-0663.88.2.314
- Myers, G. A. (1992). Textbooks and the sociology of scientific knowledge. *English for Specific Purposes*, 11(1), 3–17. doi:10.1016/0889-4906(92)90003-S

- Myers, J. L., O'Brien, E. J., Albrecht, J. E., & Mason, R. A. (1994). Maintaining global coherence during reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(4), 876–886. doi:10.1037//0278-7393.20.4.876
- Nairne J. S. (2002). The myth of the encoding-retrieval match. *Memory*, 10(5-6), 389–395. doi:10.1080/09658210244000216
- Narvaez, D., van den Broek, P., & Barron, A. B. (1999). The influence of reading purpose on inference generation and comprehension in reading. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 488–496. doi:10.1037/0022-0663.91.3.488
- 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. doi:10.1080/02568543.2010.531076
- Nguyen, K., & McDaniel, M. A. (2014). Potent techniques to improve learning from text. In V. A. Benassi, C. E. Overson, & C. M. Hakala (Eds.), *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum* (pp. 104–117). Retrieved from the Society for the Teaching of Psychology website: <http://teachpsych.org/ebooks/asle2014/index.php>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. doi:10.1002/sce.10066
- Oakhill, J., & Cain, K. (2007). Issues of causality in children's reading comprehension. In D. S. McNamara (Ed.), *Reading comprehension strategies: Theories, interventions, and technologies* (pp. 47–71). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Oakhill, J., & Cain, K. (2012). The precursors of reading ability in young readers: Evidence from a four-year longitudinal study. *Scientific Studies of Reading, 16*(2), 91–121. doi:10.1080/10888438.2010.529219
- Oakhill, J., & Cain, K. (2018). Children’s problems with inference making: Causes and consequences. *Bulletin of Educational Psychology, 49*(4), 683–700. doi:10.6251/BEP.201806_49(4).0008
- O’Brien, E. J., & Cook, A. E. (2016). Coherence threshold and the continuity of processing: The RI-Val model of comprehension. *Discourse Processes, 53*(5-6), 326–338. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2015.1123341>
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing. doi:10.1787/b25efab8-en
- Olson, G. M., Duffy, S. A., & Mack, R. L. (1985). Question-asking as a component of text comprehension. In A. C. Graesser & J. B. Black (Eds.), *The psychology of questions* (pp. 219–226). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- O’Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007). The impact of science knowledge, reading skill, and reading strategy knowledge on more traditional “high-stakes” measures of high school students' science achievement. *American Educational Research Journal, 44*(1), 161–196. doi:10.3102/0002831206298171
- Oudega, M., & van den Broek, P. (2019). Standards of coherence in reading: Variations in processing and comprehension of text. In K. K. Millis, D. L. Long, J. P. Magliano, & K. Wiemer (Eds.), *Deep comprehension: Multi-disciplinary approaches to understanding, enhancing, and measuring comprehension* (pp. 41–51). New York, NY: Routledge.

- Ozgungor, S., & 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. doi:10.1037/0022-0663.96.3.437
- Ozuru, Y., Best, R., Bell, C., Witherspoon, A., & McNamara, D. S. (2007). Influence of question format and text availability on the assessment of expository text comprehension. *Cognition and Instruction, 25*(4), 399–438. doi:10.1080/07370000701632371
- Ozuru, Y., Briner, S., Best, R., & McNamara, D. S. (2010). Contributions of self-explanation to comprehension of high-and low-cohesion texts. *Discourse Processes, 47*(8), 641–667. doi:10.1080/01638531003628809
- Ozuru, Y., Dempsey, K., & McNamara, D. S. (2009). Prior knowledge, reading skill, and text cohesion in the comprehension of science texts. *Learning and Instruction, 19*(3), 228–242. doi:10.1016/j.learninstruc.2008.04.003
- Paris, S. G., Lipson, M. Y., & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology, 8*(3), 293–316. doi:10.1016/0361-476X(83)90018-8
- Peverly, S. T., & Wood, R. (2001). The effects of adjunct questions and feedback on improving the reading comprehension skills of learning-disabled adolescents. *Contemporary Educational Psychology, 26*(1), 25–43. doi:10.1006/ceps.1999.1025
- Pressley, M., Wood, E., Woloshyn, V. E., Martin, V., King, A., & Menke, D. (1992). Encouraging mindful use of prior knowledge: Attempting to construct explanatory answers facilitates learning. *Educational Psychologist, 27*(1), 91–109. doi:10.1207/s15326985ep2701_7
- Ramos, L., & Vidal-Abarca, E. (2013). Diferencias entre estudiantes con alta y baja competencia lectora: un estudio con metodología de pensar en voz alta [Differences between students

- with high and low reading literacy skills: A study with think aloud methodology]. *Cultura y Educación*, 25(3), 295-308. doi:10.1174/113564013807749722
- Raphael, T. E., Winograd, P., & Pearson, P. D. (1980). Strategies children use when answering questions. In M. L. Kamil & A. J. Moe (Eds.), *Perspectives on reading research and instruction: Twenty-ninth yearbook of the National Reading Conference* (pp. 56–63). Washington, DC: The National Reading Conference.
- Recker, M. M., & Pirolli, P. (1995). Modeling individual differences in students' learning strategies. *Journal of the Learning Sciences*, 4(1), 1–38. doi:10.1207/s15327809jls0401_1
- Reder, L. M., Charney, D. H., & Morgan, K. I. (1986). The role of elaborations in learning a skill from an instructional text. *Memory & Cognition*, 14(1), 64–78. doi:10.3758/BF03209230
- Renkl, A. (2002). Worked-out examples: Instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and Instruction*, 12(5), 529–556. doi:10.1016/S0959-4752(01)00030-5
- Rickards, J. (1979). Adjunct postquestions in text: A critical review of methods and processes. *Review of Educational Research*, 49(2), 181-196. doi:10.2307/1169957
- Rickards, J. P., & Di Vesta, F. J. (1974). Type and frequency of questions in processing textual material. *Journal of Educational Psychology*, 66(3), 354–362. doi:10.1037/h0036349
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: Effects of self-explanation and direct instruction. *Child Development*, 77(1), 1–15. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00852.x
- Rittle-Johnson, B., Loehr, A. M., & Durkin, K. (2017). Promoting self-explanation to improve mathematics learning: A meta-analysis and instructional design principles. *ZDM - Mathematics Education*, 49(4), 599–611. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0834-z>

- Robertson, S. P. (1994). TSUNAMI: Simultaneous understanding, answering, and memory interaction for questions. *Cognitive Science*, 18(1), 51–85. doi:10.1016/0364-0213(94)90020-5
- Robertson, S. P., Black, J. B., & Lehnert, W. G. (1985). Misleading question effects as evidence for integrated question understanding and memory search. In A. C. Graesser & J. B. Black (Eds.), *The psychology of questions* (pp. 191–218). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rothkopf, E. Z. (1982). Adjuncts aids and the control of mathemagenic activities during purposeful reading. In W. Otto & S. White (Eds.), *Reading expository material* (pp. 109–138). New York, NY: Academic Press.
- Rothkopf, E. Z., & Bisbicos, E. E. (1967). Selective facilitative effects of interspersed questions on learning from written materials. *Journal of Educational Psychology*, 58(1), 56–61. doi:10.1037/h0024117
- Rouet, J.-F. (2006). *The skills of document use: From text comprehension to web-based learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rouet, J.-F., & Britt, M. A. (2011). Relevance processes in multiple document comprehension. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Eds.), *Text relevance and learning from text* (pp. 19–52). Greenwich, CT: IAP Information Age Publishing.
- Rouet, J.-F., Britt, M. A., & Durik, A. M. (2017). RESOLV: Readers' representation of reading contexts and tasks. *Educational Psychologist*, 52(3), 200–215. doi:10.1080/00461520.2017.1329015
- Rouet, J.-F., & Coutelet, B. (2008). The acquisition of document search strategies in grade school students. *Applied Cognitive Psychology*, 22(3), 389–406. doi:10.1002/acp.1415

- Rouet, J.-F., & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte: Vers un modèle des processus cognitifs. In A. Tricot & J.-F. Rouet (Ed.), *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques* (pp. 57–74). Paris: Hermès.
- Rouet, J.-F., & Vidal-Abarca, E. (2002). “Mining for meaning”: Cognitive effects of inserted questions in learning from scientific text. In J. Otero, J. A. León, & A. C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 417–436). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rouet, J.-F., Vidal-Abarca, E., Bert-Erboul, A. B., & Millogo, V. (2001). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Processes*, *31*(2), 163–186. doi:10.1207/S15326950DP3102_03
- Roy, M., & Chi, M. T. H. (2005). The self-explanation principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 271–286). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rupp, A. A., Ferne, T., & Choi, H. (2006). How assessing reading comprehension with multiple-choice questions shapes the construct: A cognitive processing perspective. *Language Testing*, *23*(4), 441–474. doi:10.1191/0265532206lt337oa
- Salmerón, L., Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Mañá, A., Gil, L., & Naumann, J. (2016). Strategic decisions in task-oriented reading. *The Spanish Journal of Psychology*, *18*, 1–10. doi:10.1017/sjp.2015.101
- Sánchez, E., & García, J. R. (2015). Understanding teachers as learners in reading comprehension mentoring. In H. Tillema, G. J. van der Westhuizen, & K. Smith (Eds.), *Mentoring for learning: “Climbing the mountain”* (pp. 227–255). Rotterdam, The Netherlands: SensePublishers.

- Sánchez, E., García, R., & Rosales, J. (2010). *La lectura en el aula: qué se hace, qué se debe hacer y qué se puede hacer* [Reading in the classroom: What to do, what must we do, and what can be done]. Barcelona: Graó.
- Schaffner, E., & Schiefele, U. (2013). The prediction of reading comprehension by cognitive and motivational factors: Does text accessibility during comprehension testing make a difference? *Learning and Individual Differences*, 26, 42–54. doi:10.1016/j.lindif.2013.04.003
- Schraw, G. (2009). A conceptual analysis of five measures of metacognitive monitoring. *Metacognition and Learning*, 4(1), 33–45. doi:10.1007/s11409-008-9031-3
- Schumacher, G. M., Moses, J. D., & Young, D. (1983). Students' studying processes on course related texts: The impact of inserted questions. *Journal of Literacy Research*, 15(2), 19–36. doi:10.1080/10862968309547481
- Schworm, S., & Renkl, A. (2006). Computer-supported example-based learning: When instructional explanations reduce self-explanations. *Computers & Education*, 46(4), 426–445. doi:10.1016/j.compedu.2004.08.011
- Shapiro, A. M. (2004). How including prior knowledge as a subject variable may change outcomes of learning research. *American Educational Research Journal*, 41(1), 159–189. doi:10.3102/00028312041001159
- Siegler, R. S. (2002). Microgenetic studies of self-explanation. In J. Parziale & N. Granott (Eds.), *Cambridge studies in cognitive perceptual development. Microdevelopment: Transition processes in development and learning* (pp. 31–58). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

-
- Singer, M. (1990). Answering questions about discourse. *Discourse Processes*, 13(3), 261–277.
doi:10.1080/01638539009544759
- Singer, M. (2003). Processes of question answering. In G. Rickheit, T. Hermann, & W. Deutsch (Eds.), *Psycholinguistics* (pp. 422–431). Berlin: Walter de Gruyter.
- Snow, C. E., Burns, M., & Griffin, P. (1998). *Preventing reading difficulties in young children*. Washington, DC: National Academy Press.
- Solso, R. L., MacLin, M. K., & Maclin, O. H. (2008). *Cognitive psychology* (8th ed). Boston: Allyn and Bacon.
- Spilich, G. J., Vesonder, G. T., Chiesi, H. L., & Voss, J. F. (1979). Text processing of domain-related information for individuals with high and low domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18(3), 275–290. doi:10.1016/S0022-5371(79)90155-5
- Spiro, R. J. (1980). Constructive processes in prose comprehension and recall. In R. J. Spiro, B. C. Bruce, & W. F. Brewer (Eds.), *Theoretical issues in reading comprehension* (pp. 245–278). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tarchi, C. (2010). Reading comprehension of informative texts in secondary school: A focus on direct and indirect effects of reader's prior knowledge. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 415–420. doi:10.1016/j.lindif.2010.04.002
- Thiede, K. W., Anderson, M. C. M., & Theriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 66–73.
doi:10.1037/0022-0663.95.1.66
- Trabasso, T., & van den Broek, P. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24(5), 612–630. doi:10.1016/0749-596X(85)90049-X

- Trabasso, T., van den Broek, P., & Suh, S. Y. (1989). Logical necessity and transitivity of causal relations in stories. *Discourse Processes*, 12(1), 1–25. doi:10.1080/01638538909544717
- van den Broek, P. (1994). Comprehension and memory of narrative texts: Inferences and coherence. In M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 539–588). San Diego, CA: Academic Press.
- van den Broek, P., Lorch, R. F., Linderholm, T., & Gustafson, M. (2001). The effects of readers' goals on inference generation and memory for texts. *Memory & Cognition*, 29(8), 1081–1087. doi:10.3758/BF03206376
- van den Broek, P., Tzeng, Y., Risdien, K., Trabasso, T., & Basche, P. (2001). Inferential questioning: Effects on comprehension of narrative texts as a function of grade and timing. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 521–529. doi:10.1037/0022-0663.93.3.521
- van den Broek, P., Young, M., Tzeng, Y., & Linderholm, T. (1999). The landscape model of reading: Inferences and the one-line construction of memory representation. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading* (pp. 71–98). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York, NY: Academic Press.
- van Oostendorp, H., & Goldman, S. R. (1999). *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Vanlehn, K. (1999). Rule-learning events in the acquisition of a complex skill: An evaluation of cascade. *Journal of the Learning Sciences*, 8(1), 71–125. doi:10.1207/s15327809jls0801_3

- Vidal-Abarca, E. (2000). Dificultades de comprensión lectora I [Reading comprehension difficulties I]. In A. Miranda, E. Vidal-Abarca, & M. Soriano (Eds.), *Intervención psicopedagógica en las dificultades de aprendizaje* (pp. 129–156). Madrid: Pirámide.
- Vidal-Abarca, E. (2010). El contenido y la evaluación de los aprendizajes [The content and evaluation of learning]. In E. Vidal-Abarca, R. García-Ros, & F. Pérez-González (Eds.), *Aprendizaje y desarrollo de la personalidad* (pp. 99–138). Madrid: Alianza.
- Vidal-Abarca, E., Gilabert, R., & Rouet, J.-F. (1998, July). *El papel del tipo de preguntas en el aprendizaje de textos científicos* [The role of question type on learning from scientific text.]. Paper presented at the Seminario de “Comprensión y producción de textos científicos” [Meeting on Comprehension and production of scientific texts], Aveiro, Portugal.
- Vidal-Abarca, E., Mañá, A., & Gil, L. (2010). Individual differences for self-regulating task-oriented reading activities. *Journal of Educational Psychology*, *102*(4), 817–826. doi:10.1037/a0020062
- Vidal-Abarca, E., Martínez, T., Gil, L., García, A., & Máñez, I. (2019). Learning tasks in electronic environments: Advances towards interactive eTextbooks. In K. K. Millis, D. L. Long, J. P. Magliano, & K. Wiemer (Eds.), *Deep comprehension: Multidisciplinary approaches to understanding, enhancing, and measuring comprehension* (pp. 99–113). New York, NY: Routledge.
- Vidal-Abarca, E., Megual, E., SanJosé, V., & Rouet, J.-F. (1996, June). *Levels of comprehension in scientific prose: The role of study tasks and analogies*. Paper presented at the International Seminar on Using Complex Information Systems, Poitiers, France.

- Vidal-Abarca, E., Rouet, J.-F., & Gilabert, R. (2005). El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias [The role of interspersed questions in science texts]. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, *36*, 129–148.
- Vidal-Abarca, E., Salmerón, L., & Mañá, A. (2011). Individual differences in task-oriented reading. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Eds.), *Text relevance and learning from text* (pp. 267–293). Greenwich, CT: IAP Information Age Publishing.
- Weiss, I., Pasley, J., Smith, P. S., Banilower, E. C., & Heck, D. J. (2003). *Looking inside the classroom: A study of K–12 mathematics and science education in the United States*. Chapel Hill, NC: Horizon Research.
- Wharton, C., & Kintsch, W. (1991). An overview of construction-integration model: A theory of comprehension as a foundation for a new cognitive architecture. *ACM SIGART Bulletin*, *2*(4), 169–173. doi:10.1145/122344.122379
- White, S., Chen, J., & Forsyth, B. (2010). Reading-related literacy activities of American adults: Time spent, task types, and cognitive skills used. *Journal of Literacy Research*, *42*, 276–307. doi:10.1080/1086296X.2010.503552
- Wigfield, A., Gladstone, J. R., & Turci, L. (2016). Beyond cognition: Reading motivation and reading comprehension. *Child Development Perspectives*, *10*(3), 190–195. doi:10.1111/cdep.12184
- Wilhite, S. C. (1985). Differential effects of high-level and low-level postpassage questions. *The American Journal of Psychology*, *98*(1), 41–58. doi:10.2307/1422766
- Willoughby, T., Waller, T. G., Wood, E., & MacKinnon, G. E. (1993). The effect of prior knowledge on an immediate and delayed associative learning task following elaborative

interrogation. *Contemporary Educational Psychology*, 18(1), 36–46.
doi:10.1006/ceps.1993.1005

Wolters, C. A., Denton, C. A., York, M. J., & Francis, D. J. (2014). Adolescents' motivation for reading: Group differences and relation to standardized achievement. *Reading and Writing*, 27(3), 503–533. doi:10.1007/s11145-013-9454-3

Zwaan, R. A., Langston, M. C., & Graesser, A. C. (1995). The construction of situation models in narrative comprehension: An event-indexing model. *Psychological Science*, 6(5), 292–297.
doi:10.1111/j.1467-9280.1995.tb00513.x

ANEXOS

ANEXO A. MATERIAL DEL ESTUDIO 1

ANEXO B. MATERIAL DEL ESTUDIO 2

ANEXO C. MATERIAL DEL ESTUDIO 3

ANEXO A. MATERIAL DEL ESTUDIO 1

SESIÓN 1: CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTO PREVIO EN CIENCIAS
Instrucciones:

1. Para cada frase, marca con una **X** la opción verdadera (V) o falsa (F) según tus conocimientos.
2. Contesta cuando estés realmente seguro/a de la respuesta. Si no lo estás, marca NS (No sé).
3. Recuerda que cada error resta puntuación en la nota.

1	Dos objetos con el mismo volumen tienen la misma densidad.	V	F	NS
2	El aire de la atmósfera no pesa.	V	F	NS
3	La temperatura es una propiedad de la materia.	V	F	NS
4	El vapor de agua que contiene el aire forma las nubes.	V	F	NS
5	La densidad es la relación entre la masa y el volumen.	V	F	NS
6	Los gases se componen de partículas que se mueven libremente.	V	F	NS
7	El movimiento de traslación de la Tierra da lugar al día y la noche.	V	F	NS
8	Cuando un gas se comprime el tamaño de las partículas que lo componen también disminuye.	V	F	NS
9	La teoría geocéntrica describe la posición que tiene la Tierra en el universo.	V	F	NS
10	Todo gas cerrado en un recipiente provoca una fuerza sobre sus paredes.	V	F	NS
11	1 litro de volumen de cualquier líquido es igual a 1 kg de peso.	V	F	NS
12	Una partícula de un gas pesa siempre igual independientemente de su temperatura.	V	F	NS
13	La unidad mml/g mide la densidad.	V	F	NS
14	Las partículas de los gases están en constante movimiento.	V	F	NS
15	La presión del aire se ejerce solo hacia abajo.	V	F	NS
16	La atmósfera está compuesta por partículas en estado gaseoso.	V	F	NS
17	La Tierra es el planeta más cercano al Sol.	V	F	NS
18	Las partículas de los gases se mueven más deprisa por el efecto del calor.	V	F	NS
19	Un litro de mercurio pesa lo mismo que un litro de agua.	V	F	NS
20	Cuando disminuye la temperatura de un gas disminuye su presión.	V	F	NS
21	El peso es la fuerza con la que la Tierra atrae un cuerpo.	V	F	NS
22	El peso de un gas dentro de un recipiente depende de la temperatura a la que se encuentre.	V	F	NS
23	Las mareas se deben principalmente a la atracción que la Luna y el Sol ejercen sobre la Tierra.	V	F	NS
24	Un gas solo puede estar formado por partículas idénticas.	V	F	NS
25	Cuando ponemos en contacto un cuerpo frío y otro caliente, la energía pasa del cuerpo caliente al frío.	V	F	NS
26	Al comprimir un gas aumenta su densidad.	V	F	NS
27	Podemos conocer el volumen de un sólido si lo sumergimos en un líquido y medimos la cantidad de líquido que se desplaza.	V	F	NS
28	El tipo de partículas que componen un gas no influye en su peso.	V	F	NS
29	Los cuerpos en equilibrio térmico tienen la misma temperatura.	V	F	NS
30	El hielo flota en el agua porque su densidad es mayor.	V	F	NS

SESIÓN 2: MATERIAL DE LA FASE DE ESTUDIO

1. INSTRUCCIONES

A) CONDICIÓN DE RESPONDER PREGUNTAS TRAS LEER EL TEXTO

Lee con atención el texto que tienes a continuación intentando comprenderlo lo mejor posible. Para ello, deberás hacer clic con el ratón en cada sección enmascarada (difuminada) del texto. Puedes **releer** cada sección tantas veces como desees.

En la parte superior de esta misma pantalla, encontrarás un botón (naranja) que te derivará al apartado de preguntas. Tu tarea será contestar con brevedad a **todo** lo que se te pregunta. Podrás **consultar** el texto siempre que lo consideres necesario y usar **todo lo que sepas** sobre esa pregunta.

Para iniciar la actividad, clic en el botón **“Empezar Tarea”**.

Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y me acercaré a ayudarte.

B) CONDICIÓN DE AUTOEXPLICAR FRASES DEL TEXTO

Lee con atención el texto que tienes a continuación intentando comprenderlo lo mejor posible. Para ello, deberás hacer clic con el ratón en cada sección enmascarada (difuminada) del texto. A medida que vas leyendo, encontrarás unos botones. Tu tarea consiste en **explicar** la frase que aparece en negrita antes de ese botón. Aquí tienes un ejemplo realizado por un estudiante:

FRAGMENTO:

“La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia”.

AUTOEXPLICACIÓN DEL ESTUDIANTE:

“Esta frase quiere decir que algunas aguas de lluvia están contaminadas, y la contaminación viene de los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno. Estos productos químicos deben estar en el aire y, por lo tanto, cuando la lluvia cae, debe recoger los productos químicos a medida que cae. Los productos químicos deben venir de cosas como los coches”.

Como has podido comprobar, la explicación **no repite** la frase, sino que explica su significado. Puedes usar **todo lo que sepas** sobre esa frase para explicarla.

A continuación, escribirás tus autoexplicaciones para cada una de las frases en negrita que encontrarás en el texto. Cuando realices todas las autoexplicaciones, podrás clicar el botón **“Salir”**.

Para iniciar la actividad, clic en el botón **“Empezar Tarea”**.

Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y me acercaré a ayudarte.

2. TEXTO

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y EL VIENTO

La Tierra está rodeada por una capa de gases que la separa del espacio vacío que constituye, en su mayor parte, el Universo. Esta capa recibe el nombre de atmósfera y está formada por una mezcla de gases que llamamos aire.

En esta unidad aprenderás algunas características básicas de la atmósfera, entre ellas, qué es presión atmosférica y uno de los fenómenos más importantes relacionados con esta: el viento.

La presión atmosférica

La atmósfera está formada por un conjunto de gases que, como toda materia, está compuesto por partículas que tienen masa y, por lo tanto, peso. Se estima que el aire que compone la atmósfera pesa, aproximadamente, 5.500 billones de toneladas.

La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera.

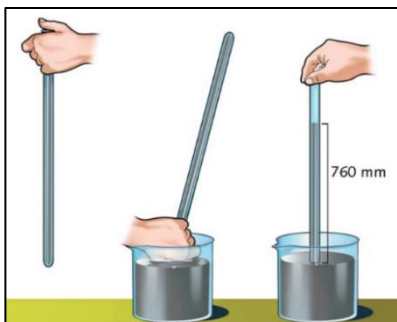
Todos los materiales y los seres vivos que poblamos este planeta estamos sometidos a la presión atmosférica. Si no somos conscientes de este peso del aire es porque ya estamos adaptados porque se ejerce por igual en todas direcciones y nuestros líquidos internos están a la misma presión.

El descubrimiento de la presión atmosférica

La fuerza del peso del aire no se descubre hasta 1643. Fue el científico italiano Evangelista Torricelli quien ese año hizo un experimento que demostró que el aire ejercía presión.

La imagen 1 muestra cómo lo hizo: en primer lugar, llenó con mercurio un tubo de un metro de longitud cerrado por un extremo y tapó el extremo abierto con el dedo. Luego, lo introdujo invertido en una cubeta llena de mercurio y, finalmente, retiró el dedo con cuidado para que no entrara aire en el tubo. En ese momento, el mercurio descendió hasta una altura de 760 mm sin llegar a vaciar el tubo y dejó un vacío en el extremo cerrado del tubo. Así fue como Torricelli también fue el primero en establecer cómo medir la presión atmosférica.

Imagen 1. Experimento de Torricelli



En la antigüedad, se creía que el vacío no era algo natural y que la naturaleza se resistía a tolerar la ausencia de aire. Torricelli demostró con su experimento que no es esa resistencia al vacío lo que impide al mercurio salir del tubo, sino que es la atmósfera la que ejerce presión sobre el mercurio de la cubeta. Por eso, la columna de mercurio desciende hasta una altura de 760mm, el punto que iguala la presión que el aire ejerce sobre el mercurio de la cubeta.

El aparato que diseñó Torricelli es el barómetro y se utiliza para medir la presión atmosférica. La presión del aire a nivel de mar equivale a la presión que ejerce una columna de mercurio (Hg) de 760mm de altura, valor que equivale a una atmósfera ($760\text{mmHg} = 1\text{atm}$). En meteorología se suelen utilizar otras unidades de medida como son el hectopascal (hPa) y el milibar (mb).

La presión atmosférica varía

Como sabes, en los gases las partículas se mueven libremente ocupando todo el volumen. Pero en la atmósfera, al ser un espacio tan grande, la distribución de las partículas que conforman el aire no es uniforme, debido a que las condiciones de cada lugar son diferentes. Así, la densidad de las capas de aire varía según la altura, ya que el tamaño de la capa de aire por encima es diferente. Por eso, en las capas inferiores de la atmósfera, que soportan el peso de todas las que están encima, las partículas de aire se comprimen más, se mueven menos y el aire es más denso (hay más cantidad de partículas de gas por unidad de volumen).

Como la presión depende del peso del aire que tenemos por encima, a medida que ascendemos la presión va disminuyendo. Por eso, la presión que existe en la cima de una montaña de 3.000m de altitud es menor que la de una playa. Como la presión atmosférica varía con la altura se ha establecido que la presión normal, la equivalente a 1atm (1013hPa), es la que se da justo al nivel del mar, porque es la referencia que también utilizamos para indicar la altura de cualquier punto geográfico. Las presiones superiores a esta se denominan altas presiones y las inferiores, bajas presiones.

La presión atmosférica además de variar con la altura también varía con la temperatura. Cuando los gases se calientan sus partículas se aceleran y tienden a expandirse, separándose y reduciendo su densidad, lo que afectaría a su presión; lógicamente ocurre todo lo contrario cuando se enfrían.

La presión atmosférica y el viento

Las diferencias en la densidad y presión atmosférica de las distintas partes del planeta son las responsables de los vientos y de otros fenómenos meteorológicos.

Las zonas de baja presión atmosférica, llamadas de ciclón o borrasca (imagen 2), se forman por masas de aire caliente que cuando ascienden dejan tras de sí un área de baja densidad. Mientras que en las zonas de anticiclón (imagen 3) son las masas de aire frío, más denso, las que tienden a descender desde las capas altas; causando la compresión de las masas de aire inferior, dando lugar a zonas de alta presión atmosférica.

Imagen 2. Formación de una zona de baja presión o borrasca. El aire caliente asciende y el hueco que deja lo llenan masas de aire vecinas.

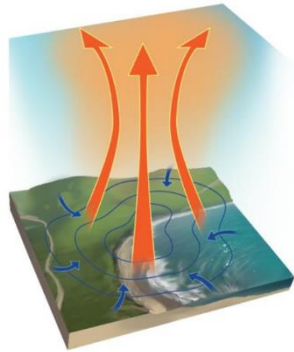
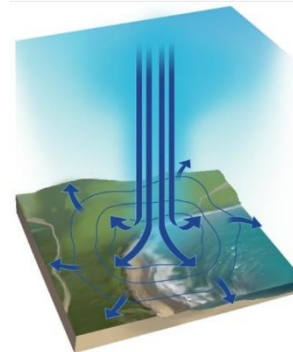


Imagen 3. Formación de una zona de alta presión o anticiclón. El aire frío desciende y comprime el aire inferior que se dispersa al llegar a la superficie.



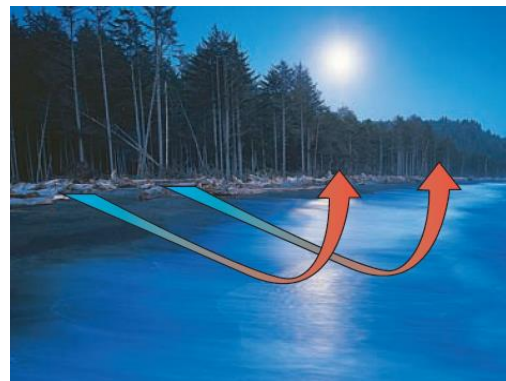
Si combinamos estos dos fenómenos podemos entender cómo funciona la dinámica de la atmósfera y cómo se produce el viento. El viento es el movimiento de grandes masas de aire a través de la troposfera (la capa inferior de la atmósfera). La existencia de zonas de baja y alta presión ocasiona movimientos de aire que tienden a igualar las presiones de las distintas áreas, provocando corrientes de aire que van desde las zonas de alta presión hasta las zonas de baja presión.

De la misma manera se producen otros fenómenos que son más locales y tenues como, por ejemplo, las brisas diurnas y las nocturnas (imágenes 4 y 5).

Imagen 4. Durante el día, la tierra se calienta más deprisa que el mar. El aire caliente de la costa asciende y es sustituido por el aire más frío procedente del mar, proceso que da lugar a la brisa diurna.



Imagen 5. Durante la noche, la tierra se enfría más deprisa que el mar. El aire sobre el mar, más caliente, asciende y el lugar de este es ocupado por el aire más frío procedente de la costa, hecho que da lugar a la brisa nocturna.



3. ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

A) PREGUNTAS

1. Si en España hubiera una borrasca en el Mediterráneo y un anticiclón en Portugal, ¿hacia dónde se desplazarían las masas de aire? ¿Por qué? RECUERDA: Es *OBLIGATORIO* que justifiques tu respuesta.



2. Imagina un globo aerostático abierto por la base, completamente hinchado y ascendiendo al calentar el aire del interior con un quemador. ¿Qué ocurre con la densidad del aire dentro del globo para que este pueda ascender? ¿Por qué? RECUERDA: Es *OBLIGATORIO* que justifiques tu respuesta.
3. ¿Qué da lugar a la presión atmosférica?
4. 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, ¿a qué altura quedaría la columna de mercurio? ¿Por qué? RECUERDA: Es *OBLIGATORIO* que justifiques tu respuesta.
5. ¿Por qué se origina una borrasca?
6. Si Torricelli hubiera repetido su experimento con un tubo de 2 metros de alto lleno de mercurio, en vez de un tubo de un metro, ¿a qué altura habría quedado la columna de mercurio? ¿Por qué? RECUERDA: Es *OBLIGATORIO* que justifiques tu respuesta.
7. ¿A qué se debe la ligera brisa que, en ocasiones, notamos en la orilla del mar durante el verano a mediodía?
8. ¿La densidad del aire es igual en todos los puntos de la tierra? ¿Por qué? RECUERDA: Es *OBLIGATORIO* que justifiques tu respuesta.
9. ¿Por qué en el experimento de Torricelli el mercurio solo desciende hasta los 760 mm?
10. ¿Por qué la presión atmosférica varía con la altura?
11. En la atmósfera, ¿por qué pesa más un litro de aire frío que un litro de aire caliente?

12. Imagina que llenamos una botella de plástico flexible con aire bastante caliente y la cerramos herméticamente. ¿Qué pasará con la botella cuando ese mismo aire se enfríe? ¿Por qué? RECUERDA: Es *OBLIGATORIO* que justifiques tu respuesta.

B) FRASES A AUTOEXPLICAR INSERTADAS EN EL TEXTO (EN NEGRITA)

Frase-objetivo 1: La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera. Autoexplicación 1

Frase-objetivo 2: Por eso, la columna de mercurio desciende hasta una altura de 760mm, el punto que iguala la presión que el aire ejerce sobre el mercurio de la cubeta. Autoexplicación 2

Frase-objetivo 3: La presión del aire a nivel de mar equivale a la presión que ejerce una columna de mercurio (Hg) de 760mm de altura, valor que equivale a una atmósfera (760mmHg = 1atm). Autoexplicación 3

Frase-objetivo 4: Así, la densidad de las capas de aire varía según la altura, ya que el tamaño de la capa de aire por encima es diferente. Autoexplicación 4

Frase-objetivo 5: Como la presión depende del peso del aire que tenemos por encima, a medida que ascendemos la presión va disminuyendo. Autoexplicación 5

Frase-objetivo 6: La presión atmosférica además de variar con la altura también varía con la temperatura. Autoexplicación 6

Frase-objetivo 7: Cuando los gases se calientan sus partículas se aceleran y tienden a expandirse, separándose y reduciendo su densidad, lo que afectaría a su presión; lógicamente ocurre todo lo contrario cuando se enfrían. Autoexplicación 7

Frase-objetivo 8: Las zonas de baja presión atmosférica, llamadas de ciclón o borrasca (imagen 2), se forman por masas de aire caliente que cuando ascienden dejan tras de sí un área de baja densidad. Autoexplicación 8

Frase-objetivo 9: El aire caliente asciende y el hueco que deja lo llenan masas de aire vecinas. Autoexplicación 9

Frase-objetivo 10: El aire frío desciende y comprime el aire inferior que se dispersa al llegar a la superficie. Autoexplicación 10

Frase-objetivo 11: La existencia de zonas de baja y alta presión ocasiona movimientos de aire que tienden a igualar las presiones de las distintas áreas, provocando corrientes de aire que van desde las zonas de alta presión hasta las zonas de baja presión. Autoexplicación 11

Frase-objetivo 12: Durante el día, la tierra se calienta más deprisa que el mar. El aire caliente de la costa asciende y es sustituido por el aire más frío procedente del mar, proceso que da lugar a la brisa diurna. Autoexplicación 12

SESIÓN 3: PREGUNTAS DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE⁵

Instrucciones:

Esta es una prueba de aprendizaje sobre la unidad de *Ciencias* que estudiaste el otro día. Ten en cuenta lo siguiente:

- 1) Responde únicamente a lo que cada pregunta te pide.
- 2) Contesta *todas* las preguntas con la información que recuerdes.
- 3) Responde de forma clara y breve.

¡Gracias por tu colaboración!

1. **Imagina dos globos elásticos idénticos llenos de la misma cantidad de aire y cerrados herméticamente. Si subimos 10°C la temperatura de uno de ellos (A), pero bajamos 10°C la del otro (B), ¿variara el tamaño de ambos? ¿Por qué?**
2. **¿Qué fenómenos dan lugar a los vientos?**
3. **¿Cómo se forma una borrasca?**
4. **¿Qué factores hacen variar la presión atmosférica?**
5. **¿Qué sucede con las partículas de un gas cuando se calienta?**
6. **¿En qué condiciones habrá más olas en dirección a la playa, (A) cuando hay bajas presiones en la costa y altas mar adentro, o (B) cuando hay altas presiones en la costa y bajas mar adentro? ¿Por qué?**
7. **¿Qué es el barómetro?**
8. **¿En qué se diferencia la atmósfera a 100m de altura de la que está a 10.000m de altura? ¿Por qué?**
9. **¿A qué se llama *Altas presiones*? Defínelo de forma precisa.**
10. **¿A qué conclusión fundamental llegó Torricelli tras su experimento en relación a la presión atmosférica?**

⁵ El orden de las preguntas está contrabalanceado (i.e., cuaderno A, cuaderno B). El orden aquí expuesto corresponde al cuaderno A.

11. Imagina que Torricelli hubiera realizado su experimento en un planeta que tuviera una atmósfera similar a la de la Tierra en composición de gases, pero del doble de espesor. ¿Qué altura aproximada habría alcanzado la columna de mercurio? ¿Por qué?
12. ¿Cómo se puede hacer que un globo aerostático ascienda o descienda de altura? ¿Por qué?
13. ¿Siempre que haya zonas con diferente presión atmosférica habrá viento? ¿Por qué?
14. La diferencia de temperatura entre el día y la noche es mayor en el interior que en la costa. Por ejemplo, mientras en la orilla del mar puede haber una diferencia de 8 grados, a 60km de la costa hacia el interior puede haber una diferencia de 12 grados. ¿Por qué?
15. ¿Qué es la presión atmosférica?
16. Imagina que Torricelli hubiera utilizado oro líquido (bastante más denso que el mercurio) en su experimento. ¿Qué altura habría alcanzado la columna de oro? ¿Por qué?
17. Imagina que Alicia está en la orilla del mar y María en un barco a 1km de la costa y son las 2h de la tarde. ¿Cuál de las dos amigas notará una brisa agradable? ¿Por qué?
18. ¿Puede la brisa del mar llegar a ser tan violenta como lo es el viento en ocasiones? ¿Por qué?
19. ¿Cómo se forma la brisa marina diurna?
20. ¿Dónde es mayor la presión atmosférica, en lo alto de una montaña de 2000 metros o en la orilla de la playa?

ANEXO B. MATERIAL DEL ESTUDIO 2

SESIÓN 1: CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTO PREVIO EN CIENCIAS

Instrucciones:

1. Para cada frase, marca con una **X** la opción verdadera (V) o falsa (F) según tus conocimientos.
2. Contesta cuando estés realmente **seguro/a** de la respuesta. Si no lo estás, marca **NS** (No sé).
3. Recuerda que cada error resta puntuación en la nota.

1	El calor se puede propagar por conducción tanto en un medio material como en el vacío.	V	F	NS
2	Mercurio es el planeta más cercano al Sol.	V	F	NS
3	Una partícula de un gas pesa siempre igual independientemente de su temperatura.	V	F	NS
4	Los cuerpos pueden transferir energía.	V	F	NS
5	Un litro de mercurio pesa lo mismo que un litro de agua.	V	F	NS
6	Hay cuerpos como el hierro que siempre están más fríos que otros como el algodón.	V	F	NS
7	La densidad es la relación entre la masa y el volumen.	V	F	NS
8	El peso de un gas dentro de un recipiente depende de la temperatura a la que se encuentre.	V	F	NS
9	El vapor de agua que contiene el aire forma las nubes.	V	F	NS
10	Durante un cambio de estado (p.ej., de sólido a líquido) la temperatura del cuerpo varía.	V	F	NS
11	La teoría geocéntrica describe la posición que tiene la Tierra en el universo.	V	F	NS
12	La temperatura es una propiedad de la materia.	V	F	NS
13	El peso es la fuerza con la que la gravedad de la Tierra atrae un cuerpo.	V	F	NS
14	Podemos conocer el volumen de un sólido si lo sumergimos en un líquido y medimos la cantidad de líquido que se desplaza.	V	F	NS
15	Un gas solo puede estar formado por partículas idénticas.	V	F	NS
16	Un aislante térmico solo sirve para mantener calientes a los cuerpos pero no para mantenerlos fríos.	V	F	NS
17	1 litro de volumen de cualquier líquido es igual a 1 kg de peso.	V	F	NS
18	Las partículas de los cuerpos tienen energía cinética.	V	F	NS
19	La unidad <i>mml/g</i> mide la densidad.	V	F	NS
20	Cuando un gas se comprime el tamaño de las partículas que lo componen también disminuye.	V	F	NS
21	Las mareas se deben principalmente a la atracción que la Luna y el Sol ejercen sobre la Tierra.	V	F	NS
22	Las partículas de un cuerpo están a la misma distancia una de otras, independientemente de su estado (p. ej., sólido, líquido).	V	F	NS
23	Todo gas cerrado en un recipiente provoca una fuerza sobre sus paredes.	V	F	NS
24	Dos objetos con el mismo volumen tienen la misma densidad.	V	F	NS
25	El tipo de partículas que componen un gas no influye en su peso.	V	F	NS
26	El hielo flota en el agua porque su densidad es mayor.	V	F	NS
27	Al comprimir un gas aumenta su densidad.	V	F	NS
28	El termómetro es el instrumento con el que medimos el calor.	V	F	NS
29	El movimiento de rotación de la Tierra da lugar al día y la noche.	V	F	NS
30	Los gases se componen de partículas que se mueven libremente.	V	F	NS

SESIÓN 2: MATERIAL DE LA FASE DE ESTUDIO⁶

1. INSTRUCCIONES

A) CONDICIÓN DE RESPONDER A PREGUNTAS TRAS LEER EL TEXTO

Tu tarea es **contestar preguntas** de **dos textos** científicos. Para ello, tienes que **leer todo el texto** y, posteriormente, **contestar las 5 preguntas** de cada texto. Puedes **releer** el texto cuando lo consideres necesario.

Para responder a tus preguntas puedes hacer una o varias de estas cosas:

- a) Intenta responder con tus propias palabras.
- b) Incluyendo información relevante del texto o de conocimientos que tú ya tengas del tema.
- c) Evita copiar o repetir el texto.

Aquí tienes un ejemplo de contestación a una pregunta realizado por un estudiante:

¿Qué es la lluvia ácida?

FRAGMENTO DEL TEXTO:

La capa vegetal en descomposición, los volcanes en erupción y la negativa acción humana (quema de combustibles, electricidad, etc.) liberan determinados productos químicos a la atmósfera que pueden originar lluvia ácida. La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia.

RESPUESTA DEL ESTUDIANTE:

“La lluvia ácida es un agua de lluvia contaminada, y la contaminación viene de los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno, es decir, de los productos químicos que hay en el aire. Muchos de estos productos químicos se deben a la acción humanada (coches, aerosoles, etc.).”

Como puedes observar contestar a una pregunta **no es copiar** el texto, sino **expresar con tus propias palabras** lo que acabamos de indicar.

Lee con atención cada texto intentando comprenderlo lo mejor posible porque, al margen de la tarea de hoy, **el próximo día tendrás que responder a unas preguntas sobre lo que has aprendido.**

⁶ El orden de los textos está contrabalanceado, salvo el texto 1 (i.e., “Titanic” y preguntas o frases-objetivo de prueba) que siempre se presenta siempre en primer lugar. En la forma A, se presenta el texto y tarea 2 (i.e., texto de “La presión atmosférica” y preguntas o frases-objetivo) y, posteriormente, el texto y tarea 3 (i.e., texto de “La transmisión del calor” y preguntas o frases-objetivo). El orden contrario se presenta en la forma B (i.e., texto 1, texto 3, texto 2).

Primero, vas a realizar un **TEXTO DE PRUEBA** que tiene dos preguntas. Para iniciar la actividad, clicas en el botón “**Empezar**”. Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y me acercaré a ayudarte.

B) CONDICIÓN DE AUTOEXPLICAR FRASES DEL TEXTO

Tu tarea es **autoexplicar frases** de **dos textos** científicos. Para ello, tienes que **leer** el texto y **autoexplicar la frase en negrita** que encontrarás a medida que vayas leyendo. Puedes **RELEER** el texto cuando lo consideres necesario.

Para autoexplicar puedes hacer una o varias de estas cosas:

- Explicar lo que la frase significa para ti.
- Relacionar la frase con lo que has leído hasta ese momento.
- Decir lo que la frase te sugiere.
- Decir si la frase te suscita alguna pregunta.

Aquí tienes un ejemplo de autoexplicación realizado por un estudiante:

FRAGMENTO:

*La capa vegetal en descomposición, los volcanes en erupción y la negativa acción humana (quema de combustibles, electricidad, etc.) liberan determinados productos químicos a la atmósfera que pueden originar lluvia ácida. **La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia.***

AUTOEXPLICACIÓN DEL ESTUDIANTE (de la frase en **negrita**):

“Esta frase quiere decir que los gases que la naturaleza produce y la contaminación provocada por nosotros (coches, aerosoles, etc.) hace que algunas aguas de lluvia están contaminadas. Esta contaminación viene de los óxidos de azufre y de los óxidos de nitrógeno que están en aire y caen con la lluvia.”

Como puedes observar están presentes los puntos anteriores: A, B, C y D. Autoexplicar **no es copiar** la frase, sino **expresar con tus propias palabras** lo que acabamos de indicar.

Lee con atención cada texto intentando comprenderlo lo mejor posible porque, al margen de la tarea de hoy, **el próximo día tendrás que responder a unas preguntas sobre lo que has aprendido.**

Primero, vas a realizar un **TEXTO DE PRUEBA** que tiene dos botones de preguntas para escribir tus autoexplicaciones. Para iniciar la actividad, clicas en el botón “**Empezar**”. Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y me acercaré a ayudarte.

2. TEXTO Y TAREA 1

A) TEXTO

EL TITANIC

Todos hemos oído hablar del famoso trasatlántico Titanic. Este barco se construyó con técnicas muy modernas de principios del siglo XX. Era el trasatlántico más lujoso del mundo. Su primer viaje, de Inglaterra a Nueva York, se inició el 10 de abril de 1912. Había icebergs en el camino y la navegación se iba haciendo peligrosa por la mala visibilidad causada por la espesa niebla. Pero el capitán J. Smith no ordenó reducir la velocidad, pues quería batir un récord.

Los primeros indicios del hundimiento aparecieron poco después de las 11 de la noche. Cuando un vigía gritó: ¡iceberg por la proa! El gran bloque de hielo estaba a menos de 500 metros del transatlántico. Era imposible cambiar el rumbo tan deprisa. El iceberg rozó la proa y abrió una brecha en el casco. El agua empezó a entrar y finalmente sucedió lo impensable: el Titanic se hundió y 1522 personas murieron.

Entre los estudios más recientes para determinar las causas del hundimiento destaca el realizado, en 1991, por el investigador Steve Blasco. Este científico recuperó un trozo de acero del casco del Titanic y lo comparó con el acero utilizado actualmente en la construcción naval. No había duda: las planchas que formaban el armazón del casco estaban hechas con un acero muy frágil. Los científicos comprobaron que esa fragilidad se debía a un alto contenido en azufre, que hacía el acero más quebradizo.

B) PREGUNTAS

1. ¿Crees que a un trasatlántico actual le hubiera sucedido lo mismo que al Titanic al chocar de igual forma contra un iceberg?
2. ¿Por qué era impensable que se hundiera el Titanic?

C) FRASES A AUTOEXPLICAR INSERTADAS EN EL TEXTO (EN NEGRITA)

Frase-objetivo 1: Su primer viaje, de Inglaterra a Nueva York, se inició el 10 de abril de 1912. Había icebergs en el camino y la navegación se iba haciendo peligrosa por la mala visibilidad causada por la espesa niebla. Pero el capitán J. Smith no ordenó reducir la velocidad, pues quería batir un récord. Autoexplicación 1

Frase-objetivo 2: No había duda: las planchas que formaban el armazón del casco estaban hechas con un acero muy frágil. Los científicos comprobaron que esa fragilidad se debía a un alto contenido en azufre, que hacía el acero más quebradizo. Autoexplicación 2

3. TEXTO Y TAREA 2

A) TEXTO “LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA”

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

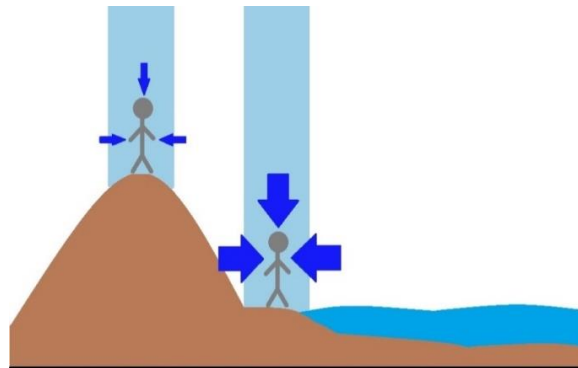
La Tierra está rodeada por una capa de gases que la separa del espacio vacío que constituye, en su mayor parte, el Universo. Esta capa recibe el nombre de atmósfera y está formada por una mezcla de gases que llamamos “aire”.

La presión atmosférica

Los gases de la atmósfera están compuestos por distintas partículas con su masa, y por lo tanto peso. Se estima que el aire que compone la atmósfera pesa, aproximadamente, 5.500 billones de toneladas.

La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera (Imagen 1). Todos los materiales y seres vivos estamos sometidos a la presión atmosférica. Si no somos conscientes de este peso del aire es porque la presión atmosférica se ejerce por igual en todas direcciones (no solo hacia abajo) y todos los líquidos y gases de nuestro cuerpo se encuentran a esa misma presión.

Imagen 1. Concepto de presión atmosférica

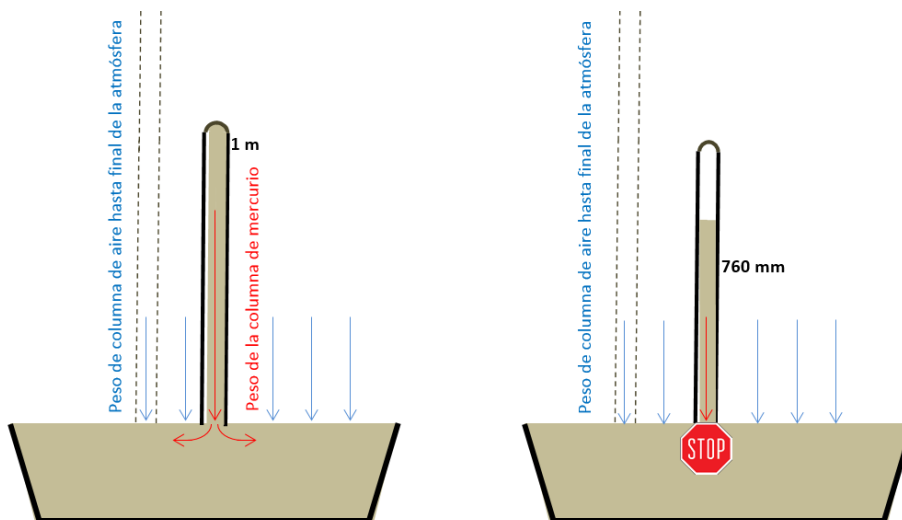


El descubrimiento de la presión atmosférica

En el año 1643, el científico italiano Evangelista Torricelli descubrió la fuerza del peso del aire a través del siguiente experimento: Torricelli llenó con mercurio un tubo de un metro de longitud cerrado por un extremo y tapó el extremo abierto con el dedo. Posteriormente, lo introdujo invertido en una cubeta llena de mercurio y retiró el dedo con cuidado para que no entrara aire. En ese momento, el mercurio del tubo comenzó a salir hacia la cubeta (Imagen 2a), pero cuando bajó

hasta una altura de 760mm dejó de salir (Imagen 2b). ¿Por qué comenzó saliendo el mercurio del tubo y luego se paró? Porque en un principio, el peso del mercurio del tubo era mayor que el peso de la columna de aire sobre el mercurio de la cubeta, pero llegó un momento en que el peso del mercurio del tubo era igual al peso de la columna de aire. La conclusión de Torricelli fue clara: el peso de la columna de aire (presión atmosférica) era igual al peso de una columna de 760mm de mercurio.

Imagen 2. Experimento de Torricelli



a) *El mercurio sale del tubo porque el peso del mercurio es mayor que el peso de la columna de aire.*

b) *El mercurio deja de salir porque el peso de la columna de 760mm de mercurio es igual que el peso de la columna de aire.*

Por ello, se conoce que la presión del aire a nivel de mar equivale a la presión que ejerce una columna de mercurio (Hg) de 760mm de altura, valor que equivale a una atmósfera ($760 \text{ mmHg} = 1 \text{ atm}$). A través de este experimento, además de conseguir demostrar que el aire ejercía presión, Torricelli encontró la forma de medir esta presión, lo que le permitió diseñar un aparato al que denominó *barómetro*.

La presión atmosférica varía

Las partículas de los gases se mueven libremente ocupando todo el volumen, aunque la distribución de esas partículas no es uniforme, ya que la atmósfera es un espacio muy extenso y las condiciones en cada lugar son diferentes. Así, la densidad de las capas de aire varía según la altura, siendo el aire de las capas inferiores más denso porque soportan el peso del aire de las capas que están por encima. Las capas inferiores se encuentran aplastadas por las superiores, estando las partículas de aire de estas capas más juntas y comprimidas, es decir, hay más cantidad de partículas por unidad de volumen.

Como la presión depende del peso del aire que tenemos por encima, a medida que ascendemos la presión va disminuyendo. Así, la presión normal a nivel del mar es de 1atm, mientras que lo normal en la cima del Everest es solo 0,33atm; por tanto, conforme aumenta la altura, va disminuyendo la presión atmosférica.

La presión atmosférica, además de variar con la altura, también varía con la temperatura. Cuando el aire se calienta, en un entorno abierto, sus partículas se aceleran y tienden a separarse, reduciéndose así su densidad y, por consiguiente, disminuirá la presión que ejerce su peso. Lo contrario ocurre cuando los gases se enfrían.

La presión atmosférica y el viento

Las diferencias de densidad y presión atmosférica en las distintas partes del planeta son las responsables de los vientos y de otros fenómenos meteorológicos.

Imagen 3. *Formación de una zona de baja presión o borrasca.* Las zonas de baja presión atmosférica, llamadas ciclón o borrasca, se forman por masas de aire caliente que cuando ascienden dejan tras de sí un área de baja densidad que es rellenada por masas de aire vecinas.

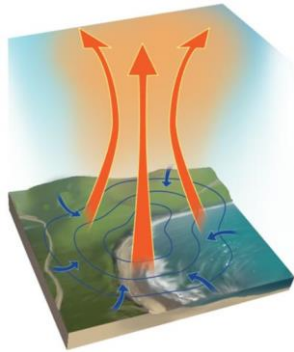
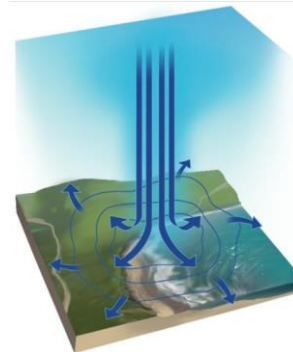


Imagen 4. *Formación de una zona de alta presión o anticiclón.* En las zonas de alta presión, llamadas anticiclón, son las masas de aire frío, más denso, las que tienden a descender desde las capas altas; causando la compresión de las masas de aire inferior y su dispersión al llegar a la superficie.



Si combinamos estos dos fenómenos podemos entender cómo funciona la dinámica de la atmósfera y cómo se produce el viento. El viento es el movimiento de grandes masas de aire a través de la troposfera (la capa inferior de la atmósfera). La existencia de zonas de baja y alta presión ocasiona movimientos de aire que tienden a igualar estas presiones, provocando corrientes de aire que van desde las zonas de alta presión hasta las zonas de baja presión.

B) PREGUNTAS

1. ¿Qué ocurre cuando hay masas de aire a alta presión muy próximas a otras con menor presión?
2. Imagina el siguiente experimento: llenamos dos globos elásticos idénticos con la misma cantidad de aire y los cerramos herméticamente. Si subimos 10°C la temperatura de uno de ellos (A), pero bajamos 10°C la del otro (B), ¿variará el tamaño de ambos? En caso afirmativo, indica el sentido de la variación del tamaño y el porqué.
3. ¿Qué consiguió demostrar Torricelli con su experimento?
4. ¿Qué da lugar a la presión atmosférica?
5. Si intentaras replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, en vez de al nivel del mar, donde lo realizó Torricelli, ¿cuánto mercurio saldría del tubo hacia la cubeta? ¿Por qué?

C) FRASES A AUTOEXPLICAR INSERTADAS EN EL TEXTO **(EN NEGRITA)**

Frase-objetivo 1: La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto, hasta el límite superior de la atmósfera (Imagen 1). Autoexplicación 1

Frase-objetivo 2: A través de este experimento, además de conseguir demostrar que el aire ejercía presión, Torricelli encontró la forma de medir esta presión, lo que le permitió diseñar un aparato al que denominó *barómetro*. Autoexplicación 2

Frase-objetivo 3: Así, la presión normal a nivel del mar es de 1atm, mientras que lo normal en la cima del Everest es solo 0,33atm; por tanto, conforme aumenta la altura, va disminuyendo la presión atmosférica. Autoexplicación 3

Frase-objetivo 4: Cuando el aire se calienta, en un entorno abierto, sus partículas se aceleran y tienden a separarse, reduciéndose así su densidad y, por consiguiente, disminuirá la presión que ejerce su peso. Lo contrario ocurre cuando los gases se enfrían. Autoexplicación 4

Frase-objetivo 5: La existencia de zonas de baja y alta presión ocasiona movimientos de aire que tienden a igualar estas presiones, provocando corrientes de aire que van desde las zonas de alta presión hasta las zonas de baja presión. Autoexplicación 5

4. TEXTO Y TAREA 3

A) TEXTO “LA TRANSMISIÓN DEL CALOR”

LA TRANSMISIÓN DEL CALOR

1. Calor, energía interna y temperatura

Aunque calor y temperatura son dos conceptos muy diferentes, frecuentemente se confunden. Mientras que la temperatura es la energía promedio de las partículas que posee un cuerpo medida en grados Celsius, el calor es la energía térmica que se transfiere de un objeto a otro debido a que están a diferente temperatura y es medida en calorías. Cuando dos cuerpos con diferente temperatura se ponen en contacto, la energía térmica (calor) se transfiere siempre del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura hasta que igualan sus temperaturas y, por consiguiente, el más caliente ya no cede más energía.

Para entender el tránsito de energía hay que saber que todos los cuerpos están formados por partículas en continuo movimiento, lo que denominamos *energía cinética*. Cada partícula, en función de su velocidad de movimiento, tiene una cantidad de esta energía cinética; la suma de las energías de todas esas partículas es la energía acumulada en un cuerpo o energía interna. Cuando un cuerpo emite o recibe calor, cambia la energía interna acumulada en su interior. Por ejemplo, cuando echas leche muy caliente (60°C) de un recipiente a una taza a 20°C, la leche cede parte de su energía interna a la taza, aumentando la velocidad de las partículas de la taza. Ello ocurre porque las partículas de la leche y la taza chocan entre sí, las partículas del cuerpo de mayor temperatura ceden energía a las de menor temperatura (más lentas), haciendo que se muevan más rápidamente. Algo similar ocurre en el juego del billar: la bola más rápida cede energía a las bolas lentas al chocar con ellas. Cuando las partículas de ambos cuerpos tienen la misma temperatura ya no hay cesiones apreciables de energía de un cuerpo a otro, lográndose el equilibrio térmico. Esto significa que cuando ponemos dos cuerpos en contacto durante suficiente tiempo, y no hay influencia de otros cuerpos, todos llegan a la misma temperatura final, sin importar su material y tamaño. Este equilibrio permanecerá constante hasta que alguno de esos cuerpos entre en contacto con otro a distinta temperatura, lo que iniciaría otra vez el proceso de transmisión de calor y la creación de un nuevo punto de equilibrio térmico entre todos ellos.

La temperatura de un cuerpo es el promedio (no el total) de la energía cinética que tienen sus partículas. Así, la temperatura nos dice a qué velocidad se mueven las partículas dentro de ese cuerpo. Por ejemplo, las partículas de agua a 100°C se mueven más rápidamente que cuando está a 0°C. Sin embargo, para calcular la energía interna total de un cuerpo, no debemos considerar solo la velocidad de sus partículas sino también el número de partículas que posee, puesto que, a igual temperatura, cuanto más grande es el cuerpo más energía interna acumula.

2. La transmisión del calor por conducción

Materiales de diferente naturaleza se comportan de distinta forma frente al efecto del calor. Los metales, como por ejemplo el hierro, generalmente transmiten calor con facilidad, es decir, son buenos conductores térmicos. Otros materiales, como el aire, la madera y los materiales porosos son, en general, malos conductores del calor, es decir, son aislantes térmicos.

Los conductores ceden fácilmente calor cuando están en contacto con otros cuerpos a una temperatura menor, es decir, se enfrían fácilmente de modo homogéneo y logran el equilibrio térmico en su interior. Asimismo, en este tipo de materiales, el calor que se comunica a una parte se transmite rápidamente al resto del cuerpo y al ambiente, elevándose la temperatura del cuerpo, llegando enseguida a una temperatura homogénea y en equilibrio térmico.

Por el contrario, en un aislante térmico una parte del cuerpo puede estar a una determinada temperatura durante largo rato mientras que otra, a cierta distancia, está a otra temperatura diferente. Asimismo, cuando un aislante térmico está en contacto con otro cuerpo de menor temperatura, el aislante dificulta la transmisión de calor, razón por la cual los aislantes se emplean para enlentecer la transmisión de calor. Sin embargo, no existe ningún aislante térmico capaz de impedir por completo que se transfiera el calor; de hecho, un aislante solo reduce la velocidad de transferencia del calor, pero transcurrido el tiempo suficiente, se llegará al equilibrio térmico y ambos cuerpos tendrán la misma temperatura.

A veces se confunde la temperatura de los objetos con la sensación térmica que tenemos al tocarlos. Por ejemplo, si tocamos una superficie de mármol nos parece más fría que si tocamos una cuchara de madera que está sobre él a la misma temperatura. Esto sucede porque el mármol es mejor conductor térmico que la madera: el calor pasa fácilmente de nuestra mano al mármol, robándonos calor en una cantidad que percibimos. Sin embargo, la madera es mal conductor térmico, con lo cual nos quita calor mucho más despacio y no somos capaces de percibir esa cesión de calor de nuestra mano a la madera, notándola así más cálida. Por tanto, la sensación de frío o calor al tocar un objeto depende no solo de nuestra temperatura y la del objeto, sino también de la conductividad del calor del material con el que están hechos los objetos.

B) PREGUNTAS

1. ¿Qué utilidad tienen los aislantes térmicos?
2. Alguien te dice: “Si extraemos calor de un cuerpo que está a 50°C hasta dejarlo a 0° centígrados, entonces ya no podrá ceder más calor”. ¿Le darías la razón? ¿Por qué?
3. Una casa tiene todo el suelo de madera a excepción del suelo del baño, que es de cerámica. Uno de los inquilinos, que suele ir descalzo por la casa, afirma que el suelo del baño está a una temperatura menor que el suelo de madera del resto de la casa. ¿Su afirmación es correcta? ¿Por qué?
4. Si tenemos dos cuerpos con diferente temperatura, ¿en qué sentido se produce la transferencia de calor?
5. Cuando se aumenta la temperatura en un extremo de un conductor térmico, ¿qué ocurre en el resto de ese conductor? ¿Por qué?

C) FRASES A AUTOEXPLICAR INSERTADAS EN EL TEXTO (EN NEGRITA)

Frase-objetivo 1: Cuando dos cuerpos con diferente temperatura se ponen en contacto, la energía térmica (calor) se transfiere siempre del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura hasta que igualan sus temperaturas y, por consiguiente, el más caliente ya no cede más energía.

Autoexplicación 1

Frase-objetivo 2: Este equilibrio permanecerá constante hasta que alguno de esos cuerpos entre en contacto con otro a distinta temperatura, lo que iniciaría otra vez el proceso de transmisión de calor y la creación de un nuevo punto de equilibrio térmico entre todos ellos.

Autoexplicación 2

Frase-objetivo 3: Asimismo, en este tipo de materiales, el calor que se comunica a una parte se transmite rápidamente al resto del cuerpo y al ambiente, elevándose la temperatura del cuerpo, llegando enseguida a una temperatura homogénea y en equilibrio térmico.

Autoexplicación 3

Frase-objetivo 4: Asimismo, cuando un aislante térmico está en contacto con otro cuerpo de menor temperatura, el aislante dificulta la transmisión de calor, razón por la cual los aislantes se emplean para enlentecer la transmisión de calor.

Autoexplicación 4

Frase-objetivo 5: Por tanto, la sensación de frío o calor al tocar un objeto depende no solo de nuestra temperatura y la del objeto, sino también de la conductividad del calor del material con el que están hechos los objetos.

Autoexplicación 5

SESIÓN 3: PREGUNTAS DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE⁷

Instrucciones:

Esta es una **prueba de aprendizaje** sobre los textos de Ciencias que has estudiado. Ten en cuenta lo siguiente:

- 1) Responde **únicamente** a lo que cada pregunta te pide.
- 2) Contesta **TODAS** las preguntas con la información que recuerdes.

PREGUNTAS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

1. Cita dos conclusiones fundamentales del experimento de Torricelli (más allá del dato concreto de la altura del mercurio en el tubo).
2. ¿Qué es la presión atmosférica?
3. Alguien te dice: “En la cima de una montaña hay más presión que en la orilla de una playa porque estás más próximo al límite superior de la atmósfera”. ¿Le darías la razón? ¿Por qué?
4. ¿Siempre que haya dos zonas muy próximas con diferente presión atmosférica habrá viento? ¿Por qué?
5. Imagina que llenamos una botella de plástico flexible con aire muy caliente y la cerramos herméticamente. ¿Qué ocurrirá con el tamaño de la botella cuando el aire del interior se enfríe? ¿Por qué?

⁷ El orden de las preguntas está contrabalanceado (i.e., cuaderno A, cuaderno B). El orden aquí expuesto corresponde al cuaderno A.

PREGUNTAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR

- 1. Un objeto caliente está en contacto con otro cuerpo más frío, ¿quién transfiere energía a quién para alcanzar el equilibrio térmico?**
- 2. Alguien te dice: “Ayer dejé en la mesa del escritorio una llave y un lápiz de madera. Al cogerlos hoy para ir a clase, la llave está mucho más fría que el lápiz”. ¿Puede ser correcta la afirmación? ¿Por qué?**
- 3. ¿Podría un cubito de hielo transferir calor a otro objeto con diferente temperatura? Justifica tu respuesta.**
- 4. ¿Cuál es la característica esencial de los materiales considerados aislantes térmicos?**
- 5. Alguien te dice que una barra metálica de 50cm puede mantenerse un rato muy caliente (80°C) en un extremo y poco caliente (20°C) en el otro extremo. ¿Es eso posible? ¿Por qué?**

ANEXO C. MATERIAL DEL ESTUDIO 3

SESIÓN 1: CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTO PREVIO EN CIENCIAS

Instrucciones:

1. Para cada frase, marca con una **X** la opción verdadera (V) o falsa (F) según tus conocimientos.
2. Contesta cuando estés realmente **seguro/a** de la respuesta. Si no lo estás, marca **NS** (No sé).
3. Recuerda que cada error resta puntuación en la nota.

1	El calor se puede propagar por conducción tanto en un medio material como en el vacío.	V	F	NS
2	Mercurio es el planeta más cercano al Sol.	V	F	NS
3	Una partícula de un gas pesa siempre igual independientemente de su temperatura.	V	F	NS
4	Los cuerpos pueden transferir energía.	V	F	NS
5	Un litro de mercurio pesa lo mismo que un litro de agua.	V	F	NS
6	Hay cuerpos como el hierro que siempre están más fríos que otros como el algodón.	V	F	NS
7	La densidad es la relación entre la masa y el volumen.	V	F	NS
8	El peso de un gas dentro de un recipiente depende de la temperatura a la que se encuentre.	V	F	NS
9	El vapor de agua que contiene el aire forma las nubes.	V	F	NS
10	Durante un cambio de estado (p.ej., de sólido a líquido) la temperatura del cuerpo varía.	V	F	NS
11	La teoría geocéntrica describe la posición que tiene la Tierra en el universo.	V	F	NS
12	La temperatura es una propiedad de la materia.	V	F	NS
13	El peso es la fuerza con la que la gravedad de la Tierra atrae un cuerpo.	V	F	NS
14	Podemos conocer el volumen de un sólido si lo sumergimos en un líquido y medimos la cantidad de líquido que se desplaza.	V	F	NS
15	Un gas solo puede estar formado por partículas idénticas.	V	F	NS
16	Un aislante térmico solo sirve para mantener calientes a los cuerpos pero no para mantenerlos fríos.	V	F	NS
17	1 litro de volumen de cualquier líquido es igual a 1 kg de peso.	V	F	NS
18	Las partículas de los cuerpos tienen energía cinética.	V	F	NS
19	La unidad <i>mml/g</i> mide la densidad.	V	F	NS
20	Cuando un gas se comprime el tamaño de las partículas que lo componen también disminuye.	V	F	NS
21	Las mareas se deben principalmente a la atracción que la Luna y el Sol ejercen sobre la Tierra.	V	F	NS
22	Las partículas de un cuerpo están a la misma distancia una de otras, independientemente de su estado (p. ej., sólido, líquido).	V	F	NS
23	Todo gas cerrado en un recipiente provoca una fuerza sobre sus paredes.	V	F	NS
24	Dos objetos con el mismo volumen tienen la misma densidad.	V	F	NS
25	El tipo de partículas que componen un gas no influye en su peso.	V	F	NS
26	El hielo flota en el agua porque su densidad es mayor.	V	F	NS
27	Al comprimir un gas aumenta su densidad.	V	F	NS
28	El termómetro es el instrumento con el que medimos el calor.	V	F	NS
29	El movimiento de rotación de la Tierra da lugar al día y la noche.	V	F	NS
30	Los gases se componen de partículas que se mueven libremente.	V	F	NS

SESIÓN 2: MATERIAL DE LA FASE DE ESTUDIO⁸

1. INSTRUCCIONES

A) CONDICIÓN DE RESPONDER A PREGUNTAS TRAS LEER EL TEXTO

La tarea que vas a hacer consiste **en leer dos textos y responder cinco preguntas de cada texto**. El objetivo final es **entender dos fenómenos científicos**: la presión atmosférica y la transmisión del calor.

1. Inicialmente, todo aparecerá borroso. Para poder leer la información, tendrás que clicar encima del texto.
2. Lee **TODO** el texto. Posteriormente, clicarás el botón llamado “Pregunta” (margen superior, a la derecha). Cuando cliques este botón, verás el enunciado de la pregunta y debajo un cuadro para escribir la respuesta.
3. Mientras estés escribiendo la respuesta a cada pregunta, podrás volver a leer el texto clicando en el botón llamado “Texto” (margen superior, a la derecha). Para seguir respondiendo la pregunta, clicarás de nuevo el botón “Pregunta”.
4. Cuando consideres que has terminado la respuesta a la pregunta, clicarás el botón “Siguiete Pregunta” (disponible debajo del cuadro) para guardar la respuesta.
5. A continuación, te aparecerá la siguiente pregunta y repetirás el procedimiento con el resto de las preguntas.
6. Cuando termines de responder todas las preguntas, tendrás la opción de leer el texto completo, clicando el botón “Texto” (margen superior, a la derecha).
7. Para pasar al siguiente texto, clicarás el botón “Finalizar Unidad” y repetirás el procedimiento explicado.
8. Cuando termines de responder a las preguntas del segundo texto, habrás finalizado la tarea.

¿En qué consiste responder a preguntas? Responder a preguntas **no es copiar** las ideas del texto, sino **expresar con tus propias palabras** uno o varios de estos puntos:

- a. La idea que responde a la pregunta.

⁸ El orden de los textos está contrabalanceado. En la forma A, se presenta el texto y tarea 1 (i.e., texto de “La presión atmosférica” y preguntas o frases-objetivo) y, posteriormente, el texto y tarea 2 (i.e., texto de “La transmisión del calor” y preguntas o frases-objetivo). El orden contrario se presenta en la forma B (i.e., texto 2, texto 1).

- b. Relaciones entre la idea que responde a la pregunta y otras ideas del texto.
- c. Relaciones entre la idea que responde a la pregunta y otros conocimientos que ya tienes del tema.

Ejemplo de respuesta. Un ejemplo de respuesta a una pregunta sería el siguiente:

- **Fragmento del texto:** “La capa vegetal en descomposición, los volcanes en erupción y la negativa acción humana (quema de combustibles, electricidad, etc.) liberan determinados productos químicos a la atmósfera que pueden originar lluvia ácida. La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia”.
- **Pregunta:** Responde la siguiente pregunta: “¿Qué es la lluvia ácida?”
- **Respuesta del estudiante:** La lluvia ácida es un agua de lluvia contaminada, y la contaminación viene de los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno, es decir, de los productos químicos que hay en el aire. Muchos de estos productos químicos se deben a la acción humanada (coches, aerosoles, etc.).

¡RECUERDA! El objetivo final es entender los fenómenos científicos explicados en el texto. **Otro día tendrás que responder a unas preguntas para valorar tu comprensión.**

Para iniciar la actividad, clicas en el botón “**Empezar**”. Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y te ayudaré. **¡GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!**

B) CONDICIÓN DE RESPONDER A PREGUNTAS INSERTADAS EN EL TEXTO

La tarea que vas a hacer consiste **en leer dos textos y responder cinco preguntas de cada texto**. El objetivo final es **entender dos fenómenos científicos**: la presión atmosférica y la transmisión del calor.

1. Inicialmente, todo aparecerá borroso. Para poder leer la información, tendrás que clicar encima del texto.
2. Conforme vayas leyendo verás un botón llamado “Pregunta”. Cuando cliques este botón, verás el enunciado de la pregunta y debajo un cuadro para escribir la respuesta.
3. Mientras estés escribiendo la respuesta a cada pregunta, podrás volver a leer el texto clicando directamente en él. Para seguir respondiendo la pregunta, clicarás de nuevo el botón “Pregunta”.
4. Cuando consideres que has terminado la respuesta a la pregunta, clicarás el botón “Siguiente Pregunta” (disponible debajo del cuadro) para guardar la respuesta.

5. A continuación, seguirás leyendo el texto y repetirás el procedimiento con el resto de las preguntas.
6. Cuando termines de responder todas las preguntas, tendrás la opción de leer el texto completo, clicando directamente en él.
7. Para pasar al siguiente texto, clicarás el botón “Finalizar Unidad” y repetirás el procedimiento explicado.
8. Cuando termines de responder a las preguntas del segundo texto, habrás finalizado la tarea.

¿En qué consiste responder a preguntas? Responder a preguntas **no es copiar** las ideas del texto, sino **expresar con tus propias palabras** uno o varios de estos puntos:

- a. La idea que responde a la pregunta.
- b. Relaciones entre la idea que responde a la pregunta y otras ideas del texto.
- c. Relaciones entre la idea que responde a la pregunta y otros conocimientos que ya tienes del tema.

Ejemplo de respuesta. Un ejemplo de respuesta a una pregunta sería el siguiente:

- **Fragmento del texto:** “La capa vegetal en descomposición, los volcanes en erupción y la negativa acción humana (quema de combustibles, electricidad, etc.) liberan determinados productos químicos a la atmósfera que pueden originar lluvia ácida. La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia”.
- **Pregunta:** Responde la siguiente pregunta: “**¿Qué es la lluvia ácida?**”
- **Respuesta del estudiante:** La lluvia ácida es un agua de lluvia contaminada, y la contaminación viene de los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno, es decir, de los productos químicos que hay en el aire. Muchos de estos productos químicos se deben a la acción humanada (coches, aerosoles, etc.).

¡RECUERDA! El objetivo final es entender los fenómenos científicos explicados en el texto. **Otro día tendrás que responder a unas preguntas para valorar tu comprensión.**

Para iniciar la actividad, clicas en el botón “**Empezar**”. Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y te ayudaré. **¡GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!**

C) CONDICIÓN DE AUTOEXPLICAR FRASES DEL TEXTO

La tarea que vas a hacer consiste **en leer dos textos y autoexplicar cinco frases de cada texto**. El objetivo final es **entender dos fenómenos científicos**: la presión atmosférica y la transmisión del calor.

1. Inicialmente, todo aparecerá borroso. Para poder leer la información, tendrás que clicar encima del texto.
2. Conforme vayas leyendo verás un botón llamado “Pregunta”. Cuando cliques este botón, verás la frase que debes autoexplicar y debajo un cuadro para escribir la autoexplicación.
3. Mientras estés escribiendo cada autoexplicación, podrás volver a leer el texto clicando directamente en él. Para seguir con la autoexplicación, clicarás de nuevo el botón “Pregunta”.
4. Cuando consideres que has terminado la autoexplicación, clicarás el botón “Siguiente Pregunta” (disponible debajo del cuadro) para guardar la autoexplicación.
5. A continuación, seguirás leyendo el texto y repetirás el procedimiento con el resto de las autoexplicaciones.
6. Cuando termines todas las autoexplicaciones, tendrás la opción de leer el texto completo, clicando directamente en él.
7. Para pasar al siguiente texto, clicarás el botón “Finalizar Unidad” y repetirás el procedimiento explicado.
8. Cuando termines las autoexplicaciones del segundo texto, habrás finalizado la tarea.

¿En qué consiste autoexplicar? Autoexplicar **no es copiar** lo que dice la frase, sino **expresar con tus propias palabras** UNO o VARIOS de estos puntos:

- a. Explicar lo que la frase significa para ti.
- b. Relacionar la frase con lo que has leído hasta ese momento.
- c. Relacionar la frase con otros conocimientos que ya tienes del tema.

Ejemplo de autoexplicación. Un ejemplo de autoexplicación sería el siguiente:

- **Fragmento del texto:** “La capa vegetal en descomposición, los volcanes en erupción y la negativa acción humana (quema de combustibles, electricidad, etc.) liberan determinados productos químicos a la atmósfera que pueden originar lluvia ácida. La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia”.

- Autoexplica la siguiente frase del texto: “**La lluvia ácida es el resultado de grandes cantidades de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en combinación con el agua de lluvia**”.
- **Autoexplicación del estudiante:** Esta frase quiere decir que los gases que la naturaleza produce y la contaminación provocada por nosotros (coches, aerosoles, etc.) hace que algunas aguas de lluvia están contaminadas. Esta contaminación viene de los óxidos de azufre y de los óxidos de nitrógeno que están en aire y caen con la lluvia.

¡RECUERDA! El objetivo final es entender los fenómenos científicos explicados en el texto.
Otro día tendrás que responder a unas preguntas para valorar tu comprensión.

Para iniciar la actividad, clicas en el botón “**Empezar**”. Si tienes alguna pregunta, levanta la mano y te ayudaré. **¡GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!**

2. TEXTO Y TAREA 1⁹

A) TEXTO “LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA”

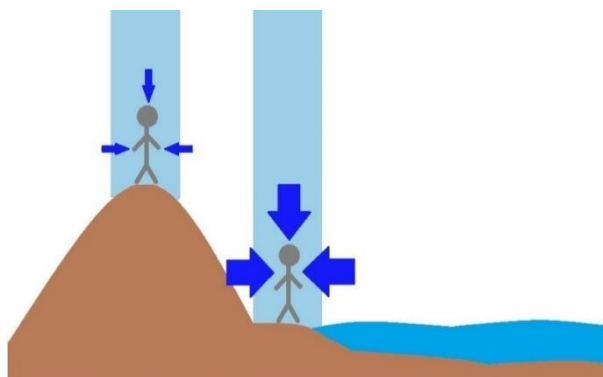
LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La Tierra está rodeada por una capa de gases que la separa del espacio vacío que constituye, en su mayor parte, el Universo. Esta capa recibe el nombre de atmósfera y está formada por una mezcla de gases que llamamos “aire”.

La presión atmosférica

Los gases de la atmósfera están compuestos por distintas partículas que tienen masa y, por lo tanto, peso. Se estima que el aire que compone la atmósfera pesa, aproximadamente, 5.500 billones de toneladas. Todos los materiales y seres vivos estamos sometidos a este peso. Si no somos conscientes es porque la presión atmosférica se ejerce por igual en todas direcciones (no solo hacia abajo) y, por consiguiente, todos los líquidos y gases de nuestro cuerpo soportan el mismo peso.

Imagen 1. Concepto de presión atmosférica.



La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto hasta el límite superior de la atmósfera (Imagen 1). Pregunta 1

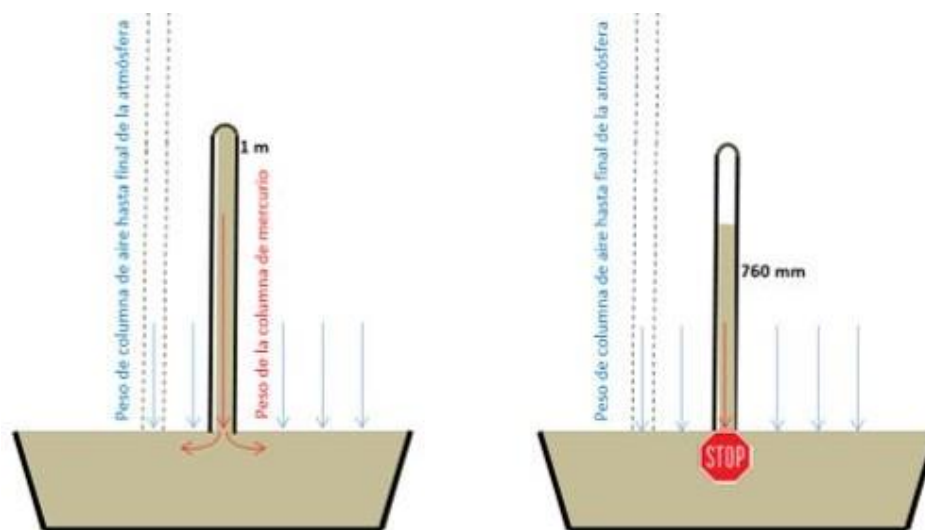
El descubrimiento de la presión atmosférica

En el año 1643, el científico italiano Evangelista Torricelli descubrió la fuerza del peso del aire a través del siguiente experimento: Torricelli llenó con mercurio un tubo de un metro de longitud

⁹ La actividad de aprendizaje de *preguntas insertadas* tiene la pregunta dentro del texto en la ubicación señalada por el botón (i.e. Pregunta 1). Esta ubicación es la misma que la relativa a la petición de la frase a autoexplicar. La actividad de aprendizaje de *preguntas al final* no dispone de botones dentro del texto, sino que todas las preguntas se presentan en otra pantalla tras la lectura inicial. El orden de las preguntas es idéntico para ambas condiciones de preguntas.

cerrado por un extremo y tapó el extremo abierto con el dedo. Posteriormente, lo introdujo invertido en una cubeta llena de mercurio y retiró el dedo con cuidado para que no entrara aire. En ese momento, el mercurio del tubo comenzó a salir hacia la cubeta (Imagen 2a), pero cuando bajó hasta una altura de 760mm dejó de salir (Imagen 2b). ¿Por qué comenzó saliendo el mercurio del tubo y luego se paró? Porque, en un principio, el peso del mercurio del tubo era mayor que el peso de la columna de aire sobre el mercurio de la cubeta, pero llegó un momento en que el peso del mercurio del tubo era igual al peso de la columna de aire. La conclusión de Torricelli fue clara: el peso de la columna de aire (presión atmosférica) era igual al peso de una columna de 760mm de mercurio.

Imagen 2. Experimento de Torricelli.



a) El mercurio sale del tubo porque el peso del mercurio es mayor que el peso de la columna de aire.

b) El mercurio deja de salir porque el peso de la columna de 760mm de mercurio es igual que el peso de la columna de aire.

Por ello, se conoce que la presión del aire a nivel del mar equivale a la presión que ejerce una columna de mercurio (Hg) de 760mm de altura, valor que equivale a una atmósfera (760mmHg = 1atm). A través de este experimento, además de conseguir demostrar que el aire ejercía presión, Torricelli encontró la forma de medir esta presión, lo que le permitió diseñar un aparato al que denominó barómetro. [Pregunta 2](#)

La presión atmosférica varía

Las partículas de los gases se mueven libremente ocupando todo el volumen, aunque la distribución de esas partículas no es uniforme, ya que la atmósfera es un espacio muy extenso y las condiciones en cada lugar son diferentes. Así, la densidad de las capas de aire varía según la altura, siendo el aire de las capas inferiores más denso porque soportan el peso del aire de las capas que están por encima. Las capas inferiores se encuentran aplastadas por las superiores, estando las

partículas de aire de estas capas más juntas y comprimidas, es decir, hay más cantidad de partículas por unidad de volumen.

Como la presión depende del peso del aire que tenemos por encima, a medida que ascendemos, la presión va disminuyendo. Así, la presión normal a nivel del mar es de 1 atm, mientras que la presión en la cima de una montaña es mucho menor. Por este motivo, si intentáramos replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, en vez de al nivel del mar como el experimento original, variaría la cantidad de mercurio que saldría del tubo. **Pregunta 3**

La presión atmosférica, además de variar con la altura, también varía con la temperatura. Cuando el aire se calienta, sus partículas se aceleran y tienden a separarse. Así, el aire caliente aumenta su volumen y reduce su densidad. Recuerda que los objetos menos densos pesan menos por unidad de volumen (1m^3 de aire caliente pesa menos que 1m^3 de aire frío). Todo lo contrario ocurre cuando los gases se enfrían. Por tanto, el tamaño de un globo lleno de aire y cerrado herméticamente, experimentará cambios si bajamos 10°C la temperatura del aire. **Pregunta 4**

La presión atmosférica y el viento

Las diferencias de densidad y presión atmosférica en las distintas partes del planeta son las responsables de los vientos y de otros fenómenos meteorológicos.

Imagen 3. Formación de una zona de baja presión o borrasca. Las zonas de baja presión atmosférica, llamadas ciclón o borrasca, se forman por masas de aire caliente que cuando ascienden dejan tras de sí un área de baja densidad que es rellenada por masas de aire vecinas.

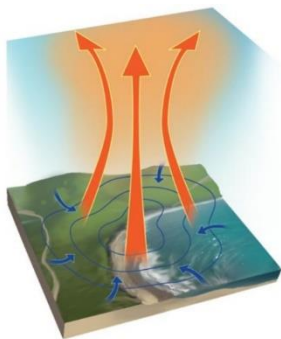
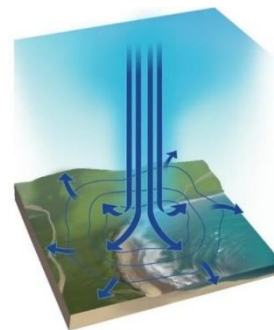


Imagen 4. Formación de una zona de alta presión o anticiclón. En las zonas de alta presión, llamadas anticiclón, son las masas de aire frío, más denso, las que tienden a descender desde las capas altas, causando la compresión de las masas de aire inferior y su dispersión al llegar a la superficie.



Si combinamos estos dos fenómenos podemos entender cómo funciona la dinámica de la atmósfera y cómo se produce el viento. El viento es el movimiento de grandes masas de aire a través de la troposfera (la capa inferior de la atmósfera). La existencia de zonas de baja presión cercanas a otras de alta presión ocasiona movimientos de aire que van desde las zonas de más presión hasta las zonas de menor presión hasta igualar estas presiones. **Pregunta 5**

B) PREGUNTAS

Responde a la siguiente pregunta:

1. ¿Qué da lugar a la presión atmosférica?

Responde a la siguiente pregunta:

2. ¿Qué dos descubrimientos resultaron del experimento de Torricelli?

Responde a la siguiente pregunta:

3. Si se replicara el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, ¿saldría más o menos mercurio del tubo hacia la cubeta? ¿Por qué?

Responde a la siguiente pregunta:

4. Si bajamos 10°C la temperatura del aire de un globo totalmente hinchado y herméticamente cerrado, ¿aumentará o disminuirá su tamaño? ¿Por qué?

Responde a la siguiente pregunta:

5. ¿Qué ocurre cuando hay masas de aire a alta presión próximas a otras con baja presión?

C) FRASES A AUTOEXPLICAR

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“La presión atmosférica es la fuerza que se ejerce, en un punto concreto, por el peso de la columna de aire que se extiende por encima de ese punto hasta el límite superior de la atmósfera”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“A través de este experimento, además de conseguir demostrar que el aire ejercía presión, Torricelli encontró la forma de medir esta presión, lo que le permitió diseñar un aparato al que denominó *barómetro*”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Por este motivo, si intentáramos replicar el experimento de Torricelli en lo alto del Everest, en vez de al nivel del mar como el experimento original, variaría la cantidad de mercurio que saldría del tubo”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Por tanto, el tamaño de un globo lleno de aire y cerrado herméticamente, experimentará cambios si bajamos 10°C la temperatura del aire”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“La existencia de zonas de baja presión cercanas a otras de alta presión ocasiona movimientos de aire que van desde las zonas de más presión hasta las zonas de menor presión hasta igualar estas presiones”.

3. TEXTO Y TAREA 2¹⁰

A) TEXTO “LA TRANSMISIÓN DEL CALOR”

LA TRANSMISIÓN DEL CALOR

1. Calor, energía interna y temperatura

Aunque calor y temperatura son dos conceptos muy diferentes, frecuentemente se confunden. Mientras que la temperatura es la energía promedio de las partículas que posee un cuerpo medida en grados Celsius, el calor es la energía térmica que se transfiere de un objeto a otro que está a diferente temperatura, y es medida en calorías. Cuando dos cuerpos con diferente temperatura se ponen en contacto, la energía térmica (calor) se transfiere siempre del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura hasta que igualan sus temperaturas y, por consiguiente, el más caliente ya no cede más energía. [Pregunta 1](#)

Para entender el tránsito de energía hay que saber que todos los cuerpos están formados por partículas en continuo movimiento, lo que denominamos *energía cinética*. Cada partícula, en función de su velocidad de movimiento, tiene una cantidad de esta energía cinética. La suma de las energías de todas las partículas de un cuerpo es la energía total acumulada o energía interna de ese cuerpo. Cuando un cuerpo emite o recibe calor, cambia la energía interna acumulada en su interior. Por ejemplo, cuando echas leche caliente (60°C) a una taza que tiene una temperatura de 20°C, la leche cede parte de su energía interna a la taza, aumentando la velocidad de las partículas de la taza y reduciendo las de la leche. Ello ocurre porque las partículas de la leche y la taza chocan entre sí; por tanto, las partículas del cuerpo de mayor temperatura ceden energía a las de menor temperatura (más lentas), haciendo que se muevan más rápidamente. Algo similar sucede en el juego del billar: la bola más rápida cede energía a las bolas lentas al chocar con ellas. Este fenómeno también ocurre cuando extraemos calor de un cuerpo cuya temperatura es 50°C hasta dejarlo a 0°C, y ocurriría igualmente si seguimos bajando su temperatura. [Pregunta 2](#)

Cuando dos cuerpos tienen la misma temperatura ya no hay cesiones apreciables de energía de un cuerpo a otro, lográndose el equilibrio térmico. Esto significa que cuando ponemos dos cuerpos en contacto durante suficiente tiempo, y no hay influencia de otros cuerpos, todos llegan a la misma temperatura final, sin importar su material y tamaño. Este equilibrio permanecerá constante hasta que alguno de esos cuerpos entre en contacto con otro a distinta temperatura, lo que iniciaría otra

¹⁰ La actividad de aprendizaje de *preguntas insertadas* tiene la pregunta dentro del texto en la ubicación señalada por el botón (i.e. Pregunta 1). Esta ubicación es la misma que la relativa a la petición de la frase a autoexplicar. La actividad de aprendizaje de *preguntas al final* no dispone de botones dentro del texto, sino que todas las preguntas se presentan en otra pantalla tras la lectura inicial. El orden de las preguntas es idéntico para ambas condiciones de preguntas.

vez el proceso de transmisión de calor y la creación de un nuevo punto de equilibrio térmico entre todos ellos.

La temperatura de un cuerpo es el promedio (no el total) de la energía cinética que tienen sus partículas. Así, la temperatura nos dice a qué velocidad se mueven las partículas dentro de ese cuerpo. Por ejemplo, las partículas de agua a 100°C se mueven más rápidamente que cuando está a 0°C. Sin embargo, para calcular la energía interna total de un cuerpo, no solo debemos considerar la velocidad de sus partículas, sino también el número de partículas que posee, ya que, a igual temperatura, cuanto más grande es el cuerpo, más energía interna acumula.

2. La transmisión del calor por conducción

Materiales de diferente naturaleza se comportan de distinta forma frente al efecto del calor. Los metales, como por ejemplo el hierro, generalmente transmiten calor con facilidad, es decir, son buenos conductores térmicos. Otros materiales, como el aire, la madera y los materiales porosos son, en general, malos conductores del calor, es decir, son aislantes térmicos.

Los conductores ceden fácilmente calor cuando están en contacto con otros cuerpos a una temperatura menor, logrando el equilibrio térmico. La cesión de calor es rápida en los conductores. Todo ello explica por qué evitamos utilizar determinados materiales de cocina, por ejemplo, cucharas de metal para remover una sopa de fideos hirviendo. [Pregunta 3](#)

Por el contrario, en un aislante térmico una parte del cuerpo puede estar a una determinada temperatura durante largo rato mientras que otra, a cierta distancia, está a otra temperatura diferente. Asimismo, cuando un aislante térmico está en contacto con otro cuerpo de diferente temperatura, el aislante dificulta la transmisión de calor, razón por la cual los aislantes se emplean para enlentecer la transmisión de calor. Sin embargo, no existe ningún aislante térmico capaz de impedir por completo que se transfiera el calor. Un aislante solo reduce la velocidad de transferencia del calor, pero transcurrido el tiempo suficiente, se llegará al equilibrio térmico y ambos cuerpos tendrán la misma temperatura. [Pregunta 4](#)

A veces se confunde la temperatura de los objetos con la sensación térmica que tenemos al tocarlos. Por ejemplo, si tocamos una superficie de mármol nos parece más fría que si tocamos una cuchara de madera que está sobre él a la misma temperatura. Esto sucede porque el mármol es mejor conductor térmico que la madera: el calor pasa fácilmente de nuestra mano al mármol, robándonos calor en una cantidad que percibimos. Sin embargo, la madera es mal conductor térmico, con lo cual nos quita calor mucho más despacio y no somos capaces de percibir esa cesión de calor de nuestra mano a la madera, notándola así más cálida. La sensación térmica no depende solo de nuestra temperatura y la del objeto, sino también de la conductividad térmica del material con el que están hechos los objetos. Por tanto, es normal que tengamos una sensación térmica diferente cuando pisamos descalzos el suelo cerámico del baño, que cuando pisamos otras habitaciones de la casa con suelo de madera. [Pregunta 5](#)

B) PREGUNTAS

Responde la siguiente pregunta:

1. Si tenemos un cuerpo con alta temperatura en contacto con otro a baja temperatura, ¿en qué sentido se produce la transmisión de calor entre ellos?

Responde la siguiente pregunta:

2. Si extraemos calor de un cuerpo que está a 50°C hasta dejarlo a 0°C, y seguimos bajando su temperatura, ¿podríamos seguir extrayendo energía del cuerpo? ¿Por qué?

Responde la siguiente pregunta:

3. ¿Qué te ocurriría si utilizases una cuchara de metal para remover una sopa de fideos cuando está hirviendo? ¿Por qué?

Responde la siguiente pregunta:

4. ¿Qué utilidad tienen los aislantes térmicos?

Responde la siguiente pregunta:

5. ¿Qué sensación térmica tendrá una persona cuando pise descalzo el suelo cerámico del baño y cuando pise el de otras habitaciones con suelo de madera? ¿Por qué?

C) FRASES A AUTOEXPLICAR

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Cuando dos cuerpos con diferente temperatura se ponen en contacto, la energía térmica (calor) se transfiere siempre del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura hasta que igualan sus temperaturas y, por consiguiente, el más caliente ya no cede más energía”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Este fenómeno también ocurre cuando extraemos calor de un cuerpo cuya temperatura es 50°C hasta dejarlo a 0°C, y ocurriría igualmente si seguimos bajando su temperatura”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Todo ello explica por qué evitamos utilizar determinados materiales de cocina, por ejemplo, cucharas de metal para remover una sopa de fideos hirviendo”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Un aislante solo reduce la velocidad de transferencia del calor, pero transcurrido el tiempo suficiente, se llegará al equilibrio térmico y ambos cuerpos tendrán la misma temperatura”.

Autoexplica la siguiente frase del texto:

“Por tanto, es normal que tengamos una sensación térmica diferente cuando pisamos descalzos el suelo cerámico del baño, que cuando pisamos otras habitaciones de la casa con suelo de madera”.

SESIÓN 3: PREGUNTAS DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE¹¹

Instrucciones:

A continuación, realizarás una **prueba de comprensión** sobre los textos de Ciencias que leíste en el ordenador. Para responder, ten en cuenta lo siguiente:

- 1) Responde **únicamente** a lo que cada pregunta te pide.
- 2) Contesta **TODAS** las preguntas con la información que recuerdes.

PREGUNTAS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

1. **¿En qué sentido se moverá el viento cuando existan zonas próximas con diferente presión atmosférica?**
2. **¿Qué origina la presión atmosférica?**
3. **Imagina que llenamos una botella de plástico flexible con aire muy caliente y la cerramos herméticamente. ¿Qué ocurrirá con el tamaño de la botella cuando el aire del interior se enfríe? ¿Por qué?**
4. **Cita dos conclusiones fundamentales del experimento de Torricelli (más allá del dato concreto de la altura del mercurio en el tubo).**
5. **Alguien te dice: “Si replicaras el experimento de Torricelli en la cima de una montaña saldría menos mercurio del tubo”. ¿Le darías la razón? ¿Por qué?**

¹¹ El orden de las preguntas está contrabalanceado (i.e., cuaderno A, cuaderno B). El orden aquí expuesto corresponde al cuaderno A.

PREGUNTAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR

- 1. Ayer dejé en la mesa del escritorio una llave y un lápiz de madera. ¿Qué sensación térmica tendré hoy cuando vaya a coger la llave y el lápiz para ir a clase? ¿Por qué?**
- 2. Un objeto caliente está en contacto con otro cuerpo más frío, ¿quién transfiere energía a quién para alcanzar el equilibrio térmico?**
- 3. ¿Cuál es la característica esencial de los materiales considerados aislantes térmicos?**
- 4. ¿Un cubito de hielo todavía guarda energía interna? Justifica tu respuesta.**
- 5. Alguien te dice que una barra metálica de 50cm puede mantenerse dos minutos muy caliente (80°C) en un extremo y poco caliente (20°C) en el otro extremo. ¿Es eso posible? ¿Por qué?**

La autora de la presente tesis ha disfrutado de un contrato predoctoral de Formación de Profesorado Universitario (FPU15/02280) del Ministerio de Universidades. Asimismo, ha recibido dos ayudas de movilidad para realizar estancias breves de una duración de tres meses en Arizona State University (EST17/00023) y en la Université de Poitiers (EST18/00283), financiadas por el Ministerio de Universidades.



MINISTERIO
DE UNIVERSIDADES