



Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias I: componentes de la incomprensión de un texto científico

Conscious ignorance in learning science I: components of the incomprehension of a scientific text

Carla Maturano, Ascensión Macías
Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina
cmatur@ffha.unsj.edu.ar, amacias@speedy.com.ar

Koto Ishiwa, José Otero
Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España
ishiwakoto@hotmail.com, jose.otero@uah.es

RESUMEN • La investigación en la didáctica de las ciencias ha examinado en detalle los procesos de adquisición de conocimiento y comprensión del contenido científico. Sin embargo, los papeles positivos del desconocimiento y la incomprensión han recibido considerablemente menos atención. Este artículo tiene como propósito contribuir al análisis de la incomprensión consciente. Se pretende identificar la incomprensión de la que es consciente un alumno que intenta construir el modelo de la situación correspondiente a un texto científico, analizando las preguntas que efectúa sobre este texto.

El artículo se organiza en tres partes. En primer lugar se presenta un marco general para caracterizar la incomprensión consciente de un texto. A continuación se presentan resultados de algunos estudios que analizan la estructura de la incomprensión consciente de textos de ciencias. Finalmente se sintetizan algunas conclusiones a partir de los análisis anteriores.

PALABRAS CLAVE: metacognición; ignorancia; incomprensión; preguntas; textos de ciencias.

ABSTRACT • Much research in science education has focused on the processes involved in building knowledge and comprehension of scientific content. However, the positive roles of what is unknown or not understood have received much less attention. This article aims to contribute to the analysis of conscious incomprehension. We aim at identifying the structure of conscious incomprehension of a student who attempts to build a situation model of a scientific text, by analyzing the questions asked on this text.

The paper is organized into three sections. First, a general framework for characterizing conscious incomprehension is provided. Then, the results of some studies that analyze the structure of conscious incomprehension when reading science texts are presented. Finally, we synthesize some conclusions based upon the previous analyses.

KEYWORDS: metacognition; ignorance; incomprehension; questions; science texts.

Recepción: marzo 2015 • Aceptación: septiembre 2015 • Publicación: noviembre 2015

Maturano, C., Ishiwa, K., Macías, A., Otero, J., (2015) Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias I: componentes de la incomprensión de un texto científico. *Enseñanza de las Ciencias*, 33.3, pp. 7-22

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del conocimiento y la comprensión de diferentes aspectos de la realidad ha sido un elemento central en las ciencias y en otras disciplinas. El desconocimiento y la incompreensión, por el contrario, han recibido considerablemente menos atención quizá debido a sus connotaciones negativas (Smithson, 2008). Sin embargo, esta situación está cambiando. El papel de las diferentes formas de desconocimiento e incompreensión o, en suma, formas de ignorancia representadas por medio de una variedad de términos como lo desconocido, el error, la incertidumbre o la vaguedad se empieza a estudiar en disciplinas como la psicología, la antropología o la economía, y muy explícitamente en sociología e historia de la ciencia (Bammer y Smithson, 2008). Este interés en el estudio de las diferentes manifestaciones de la ignorancia ha dado lugar al relativamente reciente campo de la «agnotología» (Proctor y Schiebinger, 2008), que estudia el papel cultural de la ignorancia y su producción o «agnogénesis».

Desde luego, el desconocimiento y la incompreensión han ocupado a los investigadores en el área de la educación y, en particular, de la enseñanza de las ciencias, donde tienen un estatus ambivalente. Por una parte, los sistemas educativos trabajan naturalmente para disminuir, aunque sea localmente y a corto plazo, el desconocimiento y la incompreensión. Por tanto, la manifestación de cualquiera de ellos se considera un síntoma negativo como muestra la abundante literatura sobre las concepciones alternativas y sobre las estrategias utilizadas para superar esta manifestación de la incompreensión. Esta consideración negativa se refleja también en que los sistemas tradicionales de enseñanza no ofrecen mucha oportunidad a los alumnos de expresar lo que no saben o lo que no comprenden. Un ejemplo se encuentra en el enfoque predominante de la evaluación basada en lo que Acredolo y O'Connor (1991) llaman «procedimiento de elección»: cada pregunta o problema usados con propósito de evaluación tiene una respuesta o solución, sin que los alumnos tengan oportunidad de manifestar el desconocimiento o la incompreensión consciente sobre las materias escolares. En general, esta manifestación no suele ser objeto de reconocimiento positivo en los sistemas tradicionales de enseñanza.

Pero, por otra parte, se reconoce que la conciencia del desconocimiento y la incompreensión desempeñan papeles positivos en el aprendizaje. Ser consciente de la propia falta de conocimiento y comprensión es un componente esencial de los modelos de aprendizaje autorregulado (Schunk y Zimmerman, 2003). Un alumno que aprende de esta manera controla su conducta dando los pasos adecuados para reducir la distancia entre el estado presente y la meta de aprendizaje. Esto implica una evaluación adecuada de las propias deficiencias de comprensión, habilidad esencial de control estudiada con el nombre de «calibración de la comprensión» (Lin y Zabrocky, 1998) y cuyas implicaciones para el aprendizaje han sido demostradas en numerosos estudios (Maki, Jonas y Kallod, 1994; Swanson, 1990; Winne y Hadwin, 1998). Además, saber cuándo no se sabe o cuándo no se ha alcanzado un determinado nivel de aprendizaje es fundamental en actividades educativas tan relevantes como la formulación de preguntas (Chin y Osborne, 2000; Maskill y Pedrosa de Jesus, 1997) o el descubrimiento de problemas (Runco, 1994). De hecho, la importancia del desconocimiento y la incompreensión consciente se manifiestan de forma más evidente en la investigación científica. Los descubrimientos en el campo de la ciencia, de acuerdo con el conocido trabajo de Kuhn (1969), comienzan con el reconocimiento de anomalías, es decir, de la propia incompreensión. En correspondencia, en el área educativa el desconocimiento y la incompreensión consciente juegan un papel central en los enfoques de enseñanza y aprendizaje por investigación (Minner, Levy y Century, 2010), en el llamado «aprendizaje activo» de la ciencia (Benegas, Pérez de Landazábal y Otero, 2013; Mestre, 2005), y en la enseñanza para el «cambio conceptual» (Limón, 2001) en donde los alumnos deben ser conscientes de su propia incompreensión, o reconocer la existencia de un conflicto cognitivo, para progresar en el aprendizaje.

Por tanto, estos aspectos positivos del desconocimiento y la incompreensión ponen de manifiesto que al descubrimiento tradicional, entendido como la creación de nuevo conocimiento, antecede otro

tipo de descubrimiento consistente en la «creación de nuevo desconocimiento consciente» o creación de incomprensión que merece también consideración explícita en los estudios psicológicos y educativos (Otero e Ishiwa, 2014). Este artículo tiene como propósito examinar la incomprensión de que son conscientes alumnos de enseñanza secundaria o de cursos introductorios de la universidad que procesan información a partir de textos sencillos que describen fenómenos naturales, situación frecuente en la clase de ciencias. Se trata de examinar los componentes de la incomprensión consciente generada en esta tarea concreta y contribuir al análisis del papel positivo que desempeña el descubrimiento de lo desconocido o lo incomprendido.

Refiriéndonos a la parcela específica de los textos escolares de ciencias, son numerosos los estudios sobre los procesos involucrados en su comprensión (Campanario y Otero, 2000; Márquez y Prat, 2005; Maturano, Macías y Soliveres, 2002; Otero, 1990; Otero y Caldeira, 2005; Otero, León y Graesser, 2002; Solaz-Portolés, 2009; Sanjosé, Solaz-Portolés y Vidal-Abarca, 1993; Santelices, 1990; véase además el número especial de la revista *Tarbiya*, 36, 2005, dedicado a los textos de ciencias). Pero existen también estudios sobre algunas manifestaciones de la incomprensión consciente de los textos de ciencias que son precursores y fundamento del trabajo que se presenta aquí. Por ejemplo, se ha estudiado la consciencia que los alumnos pueden tener de las concepciones alternativas según sean presentadas en «textos refutativos» o no refutativos (Guzzetti, Williams, Skeels y Wu, 1997; Maria y MacGinitie, 1987), los procesos de identificación y consciencia de dificultades introducidas deliberadamente en un texto (Mazzitelli, Maturano y Macías, 2007; Otero y Campanario, 1990), o la incomprensión de un texto con contenido científico o técnico y las preguntas resultantes que el lector puede efectuar sobre él (Costa, Caldeira, Gallástegui y Otero, 2001; Graesser, Olde, Pomeroy, Whitten, Lu y Craig, 2005; Otero, 2009). Pero, sin embargo, la naturaleza y estructura del desconocimiento y la incomprensión consciente han seguido sin ser analizadas suficientemente hasta el momento: ¿de qué clase de dificultades son conscientes los alumnos que tratan de conocer una parte de la realidad física a través de una representación de esta realidad como la que se presenta en un texto científico?, ¿cuál es la naturaleza de estas dificultades?, ¿existe algún tipo de estructura en este desconocimiento consciente o en esta incomprensión consciente?

Vaz, Morgado, Fernandes, Monteiro y Otero (2014) dieron un paso en este análisis examinando la estructura del desconocimiento consciente que alumnos de enseñanza primaria y enseñanza secundaria tienen sobre objetos naturales y artefactos como el intestino o una pila, normalmente considerados dentro del currículo de ciencias. El desconocimiento consciente se descompuso en elementos basados en la estructura de las definiciones que los lexicógrafos construyen típicamente para los diccionarios. Por ejemplo, un alumno puede manifestar su desconocimiento sobre las partes de un artefacto, o su función, o la relación causal que mantiene con otras entidades. Utilizando esta descomposición se puede analizar, por ejemplo, cómo varía el desconocimiento espontáneo de estos diferentes elementos con la edad, o cómo influyen variables como el conocimiento del alumno, o el interés, en la consciencia de cada uno de los componentes del desconocimiento.

En este artículo presentamos un análisis análogo al efectuado por Vaz *et al.* (2014) sobre el desconocimiento de objetos para examinar los componentes de la incomprensión consciente de información más compleja. Se analizan las dificultades de que son conscientes alumnos que leen textos de ciencias que describen fenómenos naturales y que no involucran lenguaje matemático complejo. El análisis se limita a la incomprensión consciente de la situación o el fenómeno descrito por el texto, es decir, al llamado «modelo de la situación» según se explica más abajo. No se consideran dificultades relacionadas con el propio texto como medio de representación de la realidad, como las dificultades de léxico o sintácticas, puesto que son tratadas extensamente en la literatura sobre comprensión del discurso (Cuetos y Vega, 2008; Yuill y Oakhill, 1991).

El artículo se organiza en tres partes. En primer lugar se presenta un marco general para caracterizar la estructura de la incomprensión consciente de un texto. A continuación se sintetizan resultados de estudios empíricos realizados anteriormente que arrojan luz sobre la estructura de la incomprensión consciente de textos de ciencias. Finalmente, se presentan algunas conclusiones a partir de los resultados anteriores.

COMPONENTES DE LA INCOMPRENSIÓN CONSCIENTE DE UN TEXTO DE CIENCIAS

El análisis de la incomprensión de un texto puede realizarse en el marco de las teorías de comprensión del discurso. Una hipótesis central en este análisis es que los alumnos que leen para comprender tienen como meta, aunque sea de forma tácita, construir una representación mental de la información que consideren adecuada para el propósito de lectura. Esta representación puede ser más o menos completa dependiendo del número de los elementos que se incorporan a esta representación y de su origen (texto o conocimiento del lector). Esto se traduce en la existencia de distintos niveles de representación del discurso en la memoria. Varios modelos de comprensión del discurso (Graesser, Millis y Zwaan, 1997; Kintsch, 1998) concuerdan en la existencia de tres de estos niveles, al menos: estructura superficial, base de texto y modelo de la situación. La representación en el nivel superficial mantiene las palabras y sintaxis exactas del texto. Aprender una canción, por ejemplo, implica aprender la estructura superficial de un texto (la letra), además de la melodía. Sin embargo, la estructura superficial de los textos se olvida rápidamente, mientras que el significado se conserva. La representación del significado se corresponde con el segundo nivel de representación del texto, la base de texto, que captura el significado explícito del texto en forma de proposiciones, o unidades de significado (Kintsch, 1998). Finalmente, el modelo de la situación, o modelo mental, representa el contenido referencial del texto. Es la representación de la situación descrita por el texto y puede incluir conocimiento del lector en distintos grados. Por ejemplo, un lector podría crear un modelo de la situación a partir de la información mencionada más arriba sobre la importancia de saber cuándo no se comprende. En este modelo de la situación el lector podría añadir conocimiento propio sobre una pregunta original efectuada por un alumno en una cierta clase.

Aunque *comprender* tiene un significado poco definido, varios autores (Graesser, Singer y Trabasso, 1994; Glenberg, Kruley y Langston, 1994; Kintsch, 1998) consideran que para comprender un texto no es suficiente acceder al significado, es decir, crear una base de texto, sino que es necesario crear una representación adecuada de la situación a la que se refiere el texto, es decir, un modelo de la situación. Desde luego, este modelo de la situación puede estar más o menos elaborado, dando lugar a niveles de comprensión diferentes. La comprensión de un texto que explica cómo vuela un avión será diferente para un estudiante de un curso de introducción a la física que para un especialista en dinámica de fluidos. Este último construirá una representación más elaborada, incluyendo muchos más elementos y relaciones. Pero la comprensión se asocia siempre a la creación de un modelo de la situación, elaborando la representación mental a partir de la base de texto mediante *inferencias*, es decir, información añadida a partir de lo que ya sabe el lector.

Por tanto, el examen de la incomprensión cuando se lee un texto puede partir de un análisis de los obstáculos encontrados por el lector para la creación de un modelo de la situación (Otero, 2009). Obviamente, se pueden encontrar obstáculos en la etapa básica de construcción de la base de texto, es decir, de acceso a los significados. Ello impediría también la comprensión. Por ejemplo, un alumno de enseñanza primaria que lea un texto describiendo el desplazamiento al rojo de los cuásares no será capaz de construir siquiera una representación adecuada en el nivel de la base de texto, al desconocer

probablemente el significado de *cuásar* (nótese que, sin embargo, sí puede acceder al significado de *desplazamiento* y *rojo*, aunque no pueda construir un modelo de la situación apropiado de este texto). Suponemos en lo que sigue que los textos son adecuados y los lectores son suficientemente competentes como para acceder a los significados, es decir, crear representaciones en el nivel de la base de texto. La incompreensión, por tanto, se relacionaría con la creación del modelo de la situación, es decir, con dificultades en la generación de inferencias. Por tanto, una caracterización de la incompreensión de un texto de ciencias remite a un análisis del proceso de realización de inferencias.

Realización de inferencias y conciencia de la incompreensión

Las inferencias son un componente central de la comprensión lectora que posibilitan establecer coherencia en la representación mental del discurso, y la comprensión profunda (León, 2003). En sentido amplio, una inferencia es «cualquier elemento de información que no está explícitamente expresado en el texto» (McKoon y Ratcliff, 1992: 440). Esta definición incluye inferencias que son necesarias para una comprensión básica del texto, y otras, las llamadas «inferencias elaborativas», no estrictamente necesarias para esta comprensión básica. Por ejemplo, un texto puede expresar explícitamente que «Hay un nuevo servicio de trenes Madrid-Vigo. Este mejora el servicio anterior, puesto que ahora el viaje es de 2 horas 30 minutos».¹ Cualquier lector que quiera alcanzar una comprensión básica del texto debe relacionar «Este» con «servicio de trenes» en el pasaje anterior. Este es un ejemplo de inferencia «puente» consistente en conectar un pronombre con su referente. Además, algunos lectores representarán este texto incluyendo información que no se menciona en él: la velocidad del tren debe ser superior a los 200 km/h, y se tratará de un tren de alta velocidad. Estas son inferencias elaborativas que requieren de conocimiento previo, como la distancia aproximada entre Madrid y Vigo (unos 600 km), la relación entre distancia, tiempo y velocidad, y los tipos de trenes que viajan a distintas velocidades. Así, las inferencias, simples o complejas, son parte esencial de la construcción de modelos de situación, esto es, de la comprensión lectora.

Se han propuesto numerosas taxonomías de inferencias, dependiendo de diferentes criterios como la cantidad de recursos cognitivos involucrados, la fuente de información o el contenido (León y Pérez, 2003). En una situación de comprensión consciente, como la que se considera aquí, Trabasso y Magliano (1996) identificaron tres grandes tipos de inferencias que llamaron asociativas, explicativas y predictivas. Esta clasificación ha sido específicamente utilizada en textos de ciencias (Van den Broek, Lorch, Linderholm y Gustafson, 2001) y la adoptamos para el análisis de la incompreensión en nuestro caso. En primer lugar, las inferencias asociativas son aquellas que añaden información sobre las características, propiedades, relaciones y, en general, detalles descriptivos de las entidades mencionadas en un texto. Por ejemplo, en el pasaje anterior sobre el servicio de trenes, el lector puede inferir características como la existencia de varios vagones, pasajeros en su interior o asientos confortables. El segundo tipo de inferencias, explicativas, se refieren a razones de por qué algo ocurre o por qué algo es como es. Estas razones se pueden dar en términos de causas eficientes, como cuando se explica un evento físico en términos de sus antecedentes necesarios y suficientes, o en términos de causas finales, como cuando se explica la acción de un personaje en función de sus metas. Y, finalmente, las inferencias predictivas se orientan hacia el futuro, incluyendo consecuencias de las acciones o eventos y anticipando acontecimientos.

De acuerdo con este esquema, las dificultades de conocimiento y comprensión que pueden encontrar los lectores que tratan de construir un modelo de la situación se corresponderían con estos tres tipos de inferencias. Por ejemplo, los lectores del ejemplo sobre la situación del transporte ferroviario Madrid-Vigo probablemente no necesitan que se explique por qué un viaje de 2 horas y 30 minutos

1. Se trata claramente de un texto de ficción.

mejoraría el servicio anterior. Inferen que el tiempo invertido actualmente es mayor y que estar menos tiempo en un medio de transporte es una mejora. Por el contrario, serían probablemente incapaces de generar una inferencia explicativa si se dijese que el nuevo servicio de trenes empeora el servicio anterior. En ese caso existiría incompreensión relacionada con la imposibilidad de realizar una inferencia que explicase por qué un viaje tan breve en una distancia tan grande empeora la situación. Lo mismo podría suceder en el caso de la imposibilidad de realizar inferencias asociativas o predictivas.

Estas dificultades, además, están directamente relacionadas con las preguntas que los sujetos se formulan cuando leen un texto y, por tanto, proporcionan también un criterio de clasificación de estas preguntas (Ishiwa, Sanjosé y Otero, 2013; Sanjosé, Torres y Soto, 2013). En efecto, la consciencia de dificultades para generar inferencias asociativas, esto es, dificultades en la adecuada representación de las entidades del sistema que se considera, así como de sus propiedades, corresponden generalmente a las preguntas *quién, qué, cómo, cuándo y dónde*. Las dificultades para generar inferencias explicativas, es decir, para establecer justificaciones o explicaciones sobre las entidades se traducen típicamente en preguntas *por qué*. Finalmente, las dificultades en la formulación de inferencias predictivas se pueden hacer explícitas como preguntas *qué sucede después* o *qué sucedería si...*

A continuación se examinan con más detalle las dificultades u obstáculos de las tres clases consideradas. Componen, precisamente, la estructura de la incompreensión consciente de un texto de ciencias manifestada por un lector que intente crear un modelo de la situación.

OBSTÁCULOS ASOCIATIVOS: REPRESENTACIÓN DE LAS ENTIDADES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Las entidades que se incluyen en los modelos de la situación dependen de las categorías ontológicas que se utilizan para entender el mundo. Para nuestros propósitos, hacemos únicamente una distinción básica, incluida en varias ontologías, consistente en diferenciar *objetos* y *procesos* (Niles y Pease, 2001). La categoría objetos se corresponde con entidades, denotadas mediante sustantivos, que tienen constancia a lo largo del tiempo. Incluye objetos físicos como «meteorito» o «automóvil», pero también objetos mentales como «problema». La segunda categoría, procesos, incluye entidades que se extienden en el tiempo (por ejemplo: el meteorito «cae»), de manera que en un determinado punto temporal solo se encuentran parcialmente presentes. Se denotan por verbos.

Los lectores pueden tener problemas para representar los objetos y procesos que componen una situación descrita en un texto. Esto puede deberse a distintas causas. El obstáculo más simple tiene que ver con el desconocimiento del significado de una palabra, impidiendo crear una representación en el nivel de la base de texto y, por tanto, también un modelo de la situación. Como se indicó anteriormente suponemos lectores suficientemente competentes, sin dificultades en el acceso al significado del vocabulario.

Sin embargo, pueden existir dificultades para acceder a los referentes de los términos utilizados en el texto, como en el caso del ejemplo sobre el «desplazamiento al rojo» mencionado más arriba. Aunque alumnos de enseñanza primaria son capaces de acceder al significado de «desplazamiento» y de «rojo», son probablemente incapaces de saber a qué desplazamiento y a qué rojo se refiere ese texto en particular. En ese caso harían preguntas como *¿de qué desplazamiento (o de qué rojo) se trata?*

Además, la representación de entidades no consiste en un proceso «de todo o nada», sino que puede hacerse en distintos grados. Se puede encontrar obstáculos cuando no se conocen suficientes características de los objetos y procesos que forman parte de la situación considerada. En el caso de los objetos se pueden distinguir características consistentes en partes, atributos o funciones (Miller y Fellbaum, 1991). Por tanto, los lectores pueden ser conscientes de incompreensión sobre las partes de un objeto y

hacer preguntas como *¿Los barcos de vela tienen motor?*,² o sobre los atributos y preguntar *¿Los líquidos tienen diferentes densidades?*, o sobre las funciones y preguntar *¿Para qué sirve la vela pequeña en un barco?*

Respecto a las preguntas sobre procesos, pueden existir obstáculos asociativos generales en la comprensión de un proceso que con frecuencia se corresponden con preguntas también generales como *¿Cómo son las olas en el Océano Antártico?* Pueden existir otros más concretos sobre sus características espaciales, como *¿Dónde se forman las olas?*, o características temporales como *¿Cuánto tiempo dura [una ola]?*

Obstáculos explicativos: representación de explicaciones

Este segundo tipo de obstáculos se encuentra cuando el lector intenta saber por qué los objetos y procesos son como son y no es capaz de encontrar una explicación, como en el ejemplo de más arriba sobre el servicio de trenes. La «suposición de explicación» ha sido propuesta como fundamento en las teorías del procesamiento de narraciones (Graesser *et al.*, 1994): los lectores tratan de explicar por qué se mencionan acciones, acontecimientos y estados en las narraciones. La generación de explicaciones es frecuente también en el caso de textos expositivos. La comprensión de relaciones explicativas causales, por ejemplo, es importante en esta clase de textos (Coté, Goldman y Saul, 1998), y la consiguiente necesidad de explicaciones se pone de manifiesto en la preponderancia de preguntas causales que los alumnos efectúan sobre textos de ciencias (Costa *et al.*, 2000; Otero, Caldeira y Gomes, 2004).

Los alumnos que leen un texto de ciencias pueden encontrar obstáculos para explicar procesos mencionados en él, como cuando preguntan *¿Por qué las olas se mueven siempre hacia la playa?* Pero también pueden aparecer obstáculos cuando son incapaces de explicar cualidades de objetos o procesos, como cuando preguntan *¿Por qué el mar es salado?* o *¿Por qué [las olas] tienen forma de montaña?* En este caso el alumno que pregunta se estaría comportando de manera más próxima a un científico que a alguien que lee de manera informal. La ciencia no solamente intenta dar explicaciones de los procesos en la naturaleza sino también de los objetos y de los estados, junto con sus cualidades (por ejemplo, explicaciones de la dureza del diamante o del color del cielo). Un análisis detallado de los tipos de obstáculos explicativos que encuentran los estudiantes al leer un texto científico debería relacionarse con los tipos de explicaciones posibles, analizadas en la literatura filosófica y psicológica. Se trata, desde luego, de una tarea de interés, pero que excede los límites de este artículo.

Obstáculos predictivos: representación de predicciones

Los lectores de textos de ciencias pueden ser conscientes de dificultades e incompreensión relacionada con intentos fallidos de realizar predicciones. Por ejemplo, la pregunta *¿Qué generan las olas?*, efectuada por un alumno, puede interpretarse como resultado de un intento de predecir los efectos de una ola. Desde luego, la investigación muestra que las inferencias predictivas son poco frecuentes cuando se leen textos de ciencias como los que estamos considerando (Millis y Graesser, 1994). En consonancia con esto, Costa *et al.* (2000) encontraron que solamente el 2,3% de las preguntas efectuadas por alumnos de 14, 16 y 18 años que leían textos breves de ciencias correspondían a la categoría que Graesser, Person y Huber (1992) llaman de «Consecuencia causal», es decir, sobre consecuencias de un cierto acontecimiento o estado. Pero en principio es posible que los lectores sean conscientes de esta clase de

2. Muchos de los ejemplos están tomados del estudio de Caldeira, Macías, Maturano, Mendoza y Otero (2002) sobre las dificultades de que eran conscientes alumnos de enseñanza primaria y de enseñanza secundaria que leían textos sencillos sobre el agua o las olas marinas. El estudio (que puede obtenerse de los autores) no se describe aquí en detalle puesto que los datos se utilizan solamente de manera ilustrativa.

dificultades. Una de las funciones importantes de los modelos de la situación es permitir formular predicciones sobre el comportamiento de los sistemas descritos en el texto (Norman, 1983). Supóngase, por ejemplo, un texto que describe una experiencia con un carrete que descansa sobre una superficie horizontal, con un hilo enrollado sobre su eje. El modelo de la situación que un lector puede construir a partir de esta descripción puede «hacerse funcionar» para predecir el sentido del movimiento del carrete cuando se tira del hilo, de forma que este ejerza una fuerza tangencial sobre la parte inferior del eje alrededor del cual está enrollado.³ Es posible que algunos lectores que intenten crear un modelo de la situación encuentren obstáculos en la predicción del movimiento y pregunten: *Si se tira del hilo, ¿se moverá el carrete en el sentido de la fuerza o en sentido opuesto a ella?* Por tanto, en general, es posible que los lectores que tratan de crear un modelo de la situación encuentren dificultades cuando tratan de predecir consecuencias. La incompreensión de naturaleza predictiva debe considerarse como parte de la estructura de la incompreensión de un texto de ciencias.

ALGUNOS RESULTADOS SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA INCOMPRENSIÓN CONSCIENTE EN ESTUDIOS PREVIOS SOBRE TEXTOS DE CIENCIAS

¿La clase de incompreensión mostrada por un alumno que lee un texto de ciencias que describe un fenómeno natural se acomoda realmente a estas categorías?, ¿cómo se distribuye en ellas? Para responder a estas preguntas examinamos cómo se distribuyen las distintas clases de obstáculos en estudios anteriores que analizaron (con diversos propósitos) la incompreensión de textos manifestada a través de preguntas. Las preguntas tienen, entre otras funciones, utilidad como indicadores de la consciencia de lo que los alumnos no saben o no comprenden (Chin y Osborne, 2008).

Estudios 1 y 2: Maturano y Macías (2004) y Macías y Maturano (2005)

Maturano y Macías (2004), y Macías y Maturano (2005), analizaron los obstáculos que encontraban alumnos de enseñanza secundaria que leían textos breves de ciencias sobre la caída libre y sobre los espejos (tabla 1). Las investigadoras pretendían categorizar las preguntas que hacen los alumnos cuando leen estos textos y, en el segundo estudio, comparar estas preguntas con las que efectúan sobre contenido análogo presentado en forma de ilustración. No tratamos de presentar aquí los resultados de estos estudios, ni todos los detalles de la metodología utilizada, sino que utilizamos las preguntas generadas en ellos para analizar la estructura de la incompreensión puesta de manifiesto por estas preguntas (para conocer otros aspectos del estudio pueden consultarse estas publicaciones en la red o solicitarlas a las autoras).

3. Y, en este caso, aun cuando el texto se acompañe con una representación gráfica del dispositivo, las predicciones suelen ser con frecuencia erróneas (Mateus y Otero, 2009).

Tabla 1.

Textos utilizados en los estudios de Maturano y Macías (2004) y Macías y Maturano (2005)

<p>Caída libre</p> <p>En ausencia de aire todos los objetos caen con la misma aceleración. Ese valor, unos $9,8 \text{ m/s}^2$, se conoce como aceleración de la gravedad (g). Si soltamos un objeto desde una cierta altura, se precipitará al suelo con velocidad que crecerá uniformemente en $9,8 \text{ m/s}$ cada segundo que pase. Si arrojamamos un cuerpo hacia arriba, se irá frenando hasta detenerse a cierta altura para después caer.</p> <p>La caída libre y el tiro vertical son casos de m.r.u.v. en los que la aceleración es la de la gravedad. La única diferencia con otros casos de m.r.u.v. es que el eje sobre el que ocurre el movimiento es vertical.</p>
<p>Espejos</p> <p>Cuando nos colocamos frente a un espejo observamos nuestra imagen. La imagen se encuentra ubicada del otro lado del espejo y a la misma distancia que nosotros del espejo. La imagen es del mismo tamaño que nuestro cuerpo pero no es exactamente igual a nosotros. Si levantamos la mano derecha frente al espejo, nuestra imagen levanta la mano izquierda.</p>

En el estudio de Maturano y Macías (2004) participaron 36 alumnos argentinos de enseñanza secundaria (1.º año de Polimodal) con una edad promedio de 15,4 años. Los estudiantes, en clase de Física leyeron individualmente el texto sobre la caída libre, tomado de un libro de texto de este nivel, y formularon las preguntas que consideraban necesarias para comprenderlo. Esta actividad se propuso a los estudiantes cuando estaban tratando en el aula temas sobre Cinemática, que venían estudiando desde varias clases atrás.

En el segundo estudio (Macías y Maturano, 2005) participaron 21 estudiantes también del nivel secundario (2.º año de Polimodal con orientación a Ciencias Naturales), con una edad promedio de 16,2 años. Tenía como objetivo comparar las preguntas que los estudiantes hacían sobre el texto y las que hacían sobre una ilustración con contenido equivalente. En este caso el texto fue preparado por las investigadoras para que se relacionase con la ilustración escogida. El estudio se realizó cuando los estudiantes estaban tratando temas sobre la reflexión de la luz e incluyó una prueba de conocimientos previos, sobre formación de imágenes en espejos, y la prueba de formulación de preguntas que es la que consideramos aquí.

Resultados

Los 36 alumnos que participaron en el estudio sobre la caída libre generaron 102 preguntas (10 de estas preguntas fueron eliminadas por estar formuladas de manera incomprensible). Los 21 alumnos que leyeron el texto sobre el espejo generaron 106 preguntas. Con el fin de evaluar la fiabilidad del esquema de clasificación proporcionamos un subconjunto de 75 preguntas a dos evaluadores externos (una investigadora y un estudiante de doctorado, ambos del área de didáctica de las ciencias, ninguno de ellos involucrados en este estudio), junto con instrucciones sobre cómo clasificarlas. Los coeficientes kappa de Cohen para estos evaluadores fueron de 0,70 para las preguntas sobre el texto de caída libre y 0,82 para las preguntas sobre el texto del espejo, que se consideran satisfactorios. Además, las 198 preguntas válidas se clasificaron de forma independiente por dos de los autores. La fiabilidad de la clasificación de los autores fue mucho más alta que la de los evaluadores externos: 0,94 para las preguntas caída libre y 0,91 para las preguntas del espejo. Después de resolver mediante discusión los desacuerdos existentes en la clasificación, la incomprensión consciente de los alumnos, según las preguntas efectuadas, se distribuyó según se muestra en la tabla 2. De acuerdo con la taxonomía presentada más arriba, las preguntas, y los obstáculos que las causan, pueden ser de naturaleza asociativa cuando se desconoce el referente de un término o una expresión como *¿A qué se refiere el texto cuando dice que la imagen está ubicada del otro lado del espejo?* También aparecen obstáculos asociativos cuando se desconocen las características

de un objeto o un proceso: *¿De qué material está hecho el espejo?*, o *¿Cómo que cae al suelo con velocidad que crecerá uniformemente?* (sic). Aparecieron también obstáculos explicativos, como los reflejados por las preguntas: *¿Por qué si levantamos la mano derecha, nuestra imagen levanta la mano izquierda?* o *¿Por qué al dejar caer un objeto la velocidad crece cada segundo que pasa?* Finalmente los alumnos encontraron obstáculos predictivos: *Si el aire no estuviera ausente, ¿caen todos los objetos con la misma aceleración?*

La distribución de los obstáculos en las tres categorías es significativamente diferente de la que se espera de una distribución aleatoria ($\chi^2 = 19,39$, $p < 0,001$, para las preguntas de caída libre, $\chi^2 = 77,96$, $p < 0,001$ para las preguntas del espejo).⁴ Las proporciones muestran una mayoría de obstáculos explicativos y, por el contrario, una clara minoría de obstáculos predictivos. Para esta clase de alumnos, textos y tarea, la incompreensión consciente se centra en la dificultad de encontrar explicaciones a los objetos y procesos mencionados en el texto. Las dificultades en la predicción no constituían una parte importante de la incompreensión consciente de estos alumnos, aun cuando la capacidad de predecir constituya una destreza relevante dentro de la formación científica (Lavoie, 1999).

Tabla 2.
Proporción de obstáculos de cada clase, en cada texto

Asociativos		Explicativos		Predictivos	
Caída libre	Espejo	Caída libre	Espejo	Caída libre	Espejo
0,37	0,30	0,50	0,70	0,13	0,00

Estudio 3: Ishiwa, Sanjosé y Otero (2013)

Ishiwa, Sanjosé y Otero (2013) encontraron resultados similares en un estudio en el que analizaron las preguntas efectuadas por alumnos universitarios que leían textos científicos para realizar dos tareas diferentes. En una condición, estudiantes de segundo y tercer año de Magisterio leían dos textos científicos breves, de 87 y 96 palabras respectivamente, que describían la navegación a vela y la descongelación sobre distintas superficies (se muestra este último texto como ejemplo en la tabla 3). En el experimento se trataba de comparar las preguntas generadas sobre estos dos textos, y por tanto los obstáculos encontrados, bajo la condición de leer para comprender o, alternativamente, leer para resolver el problema planteado mediante el texto (en esta última condición se añadía una línea en la que se solicitaba un cálculo sencillo, por ejemplo, la reducción del tiempo de descongelación; los detalles del experimento pueden consultarse en el artículo). Tomamos aquí los resultados de la condición en que los alumnos debían «leer para comprender» y preguntar lo que considerasen conveniente, una situación similar a la de los estudios descritos en el apartado anterior.

Tabla 3.
Ejemplo de texto utilizado en el estudio de Ishiwa, Sanjosé y Otero (2013)

Descongelación sobre distintas superficies

El mármol y la madera se utilizan en el mobiliario de cocina. El mármol parece mucho más frío al tacto que la madera en las mismas condiciones ambientales. Sin embargo, cuando se dejan dos filetes congelados uno encima de mármol y otro encima de madera en la misma cocina, el que está sobre mármol se descongela antes que el que está sobre madera. El tiempo de descongelación se reduce en $3 \cdot 10^2$ s por cada 50 gr de filete. De esta manera, un filete de 250 gr reduce su tiempo de descongelación en varios minutos.

4. Se ha usado una prueba multinomial exacta al haber una celda con cero casos.

Resultados

Los alumnos que participaron en el experimento encontraron un promedio de 1,25 obstáculos asociativos, 1,90 obstáculos explicativos y 0,23 obstáculos predictivos por texto. De nuevo, la incomprensión se traducía predominantemente en la necesidad de encontrar explicaciones. Y también de nuevo, los obstáculos predictivos fueron minoría. Sin embargo, la distribución de obstáculos encontrados no fue la misma cuando los mismos textos fueron leídos, en condiciones similares, por 68 alumnos de primer año de la licenciatura en Biología, con una formación científica diferente, que estaban siguiendo un curso de Física. En ese caso los valores medios de los obstáculos de las tres clases fueron menores: 0,76, 0,76 y 0,09. Ello pone de manifiesto una interacción esperada entre el texto y factores como el conocimiento relevante del lector, en la estructura de la incomprensión consciente.

CONCLUSIONES

En este artículo se intenta mostrar que el desconocimiento y la incomprensión no constituyen entidades indiferenciadas y sin estructura, definidas solamente como «la ausencia de algo». La hipótesis constructivista, tan presente en los estudios sobre aprendizaje de las ciencias de las últimas décadas, se aplica también a la ignorancia: el desconocimiento y la incomprensión también se construyen. En este artículo se ha revisado la naturaleza de esta construcción en el caso de la incomprensión de textos científicos. La incomprensión se puede referir a asociaciones, explicaciones y predicciones, sobre la hipótesis de una correspondencia entre la incomprensión y la comprensión de un texto entendida como creación de un modelo de la situación. Este análisis de la estructura de la incomprensión permite poner de manifiesto que, en las situaciones examinadas, los alumnos no son igualmente sensibles a todos los componentes. En la tarea considerada, estos alumnos son muy conscientes de la incomprensión de causas o explicaciones y muy poco de la incomprensión de consecuencias o predicciones. Pero esta distribución de los componentes de la incomprensión es sensible a variables, como el conocimiento de los alumnos, la tarea o el medio de representación externa (Ishiwa, Sanjosé y Otero, 2013; Sanjosé y Torres, 2014; Torres, Sanjosé y Soto, 2014). El análisis de la estructura de la incomprensión presentado aquí permite precisamente examinar el efecto de estas y otras variables, examen que, por su entidad, rebasaría los límites de este artículo y se presenta en otro lugar (Vaz-Rebelo, Morgado, Fernandes y Otero, 2015).

REFERENCIAS

- ACREDOLO, C. y O'CONNOR, J. (1991). On the difficulty of detecting cognitive uncertainty. *Human Development*, 34, pp. 204-223.
<http://dx.doi.org/10.1159/000277055>
- BAMMER, G. y SMITHSON, M. (2008). *Uncertainty and risk: Multidisciplinary perspectives*. London: Earthscan.
- BENEGAS, J., PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M. C. y OTERO, J. (2013). *El aprendizaje activo de la física básica universitaria*. Santiago de Compostela: Andavira Editora.
- CALDEIRA, M. H., MACÍAS, A., MATURANO, C., MENDOZA, A. y OTERO, J. (2002). *Incomprehension and question-asking on natural phenomena described in texts or presented in films*. Annual meeting of the American Educational Research Association: Validity and value in education research. New Orleans, 1-5 April.

- CAMPANARIO, J. M. y OTERO, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. En F. J. Perales y P. Cañal (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 323-338). Alcoy: Editorial Marfil.
- CHIN, C. y OSBORNE, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44, pp. 1-39.
<http://dx.doi.org/10.1080/03057260701828101>
- COSTA, J., CALDEIRA, M. H., GALLÁSTEGUI, J. R. y OTERO, J. (2000). An analysis of question asking on scientific texts explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, pp. 602-614
[http://dx.doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<602::AID-TEA6>3.3.CO;2-E](http://dx.doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<602::AID-TEA6>3.3.CO;2-E)
[http://dx.doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<602::AID-TEA6>3.0.CO;2-N](http://dx.doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<602::AID-TEA6>3.0.CO;2-N)
- COTÉ, N., GOLDMAN, S. y SAUL, E. U. (1998). Students Making Sense of Informational Text: Relations Between Processing and Representation. *Discourse Processes*, 25, pp. 1-53.
<http://dx.doi.org/10.1080/01638539809545019>
- CUETOS, F. y VEGA, F. C. (2008). *Psicología de la lectura*. Madrid: WK Educación.
- GLENBERG, A. M., KRULEY, P. y LANGSTON, W. E. (1994). Analogical processes in comprehension: simulation of a mental model. En M. A. Gernsbacher (ed.). *Handbook of psycholinguistics* (pp. 609-640). San Diego, CA: Academic Press.
- GRAESSER, A. C., MILLIS, K. K. y ZWAAN, R. A. (1997). Discourse comprehension. *Annual Review of Psychology*, 48, pp. 163-189.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.psych.48.1.163>
- GRAESSER, A. C., OLDE, B., POMEROY, V., WHITTEN, S., LU, S. y CRAIG, S. (2005). Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos. *Tarbiya*, 36, pp. 103-128.
- GRAESSER, A. C., PERSON, N. K. y HUBER, J. D. (1992). Mechanisms that generate questions. En T. Lauer, E. Peacock y A. C. Graesser (eds.). *Questions and Information Systems* (pp. 167-187). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- GRAESSER, A. C., SINGER, M. y TRABASSO, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 3, pp. 371-395.
<http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.101.3.371>
- GUZZETTI, B. J., WILLIAMS, W. O., SKEELS, S. A. y WU, S. M. (1997). Influence of text structure on learning counter-intuitive physics concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, pp. 700-719.
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199709\)34:7<701::AID-TEA3>3.0.CO;2-Q](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199709)34:7<701::AID-TEA3>3.0.CO;2-Q)
- ISHIWA, K., SANJOSÉ, V. y OTERO, J. (2013). Questioning and reading goals: Information-seeking questions asked on scientific texts read under different task conditions. *British Journal of Educational Psychology*, 83, pp. 502-520.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8279.2012.02079.x>
- KINTSCH, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KUHN, T. S. (1969). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAVOIE, D. R. (1999). Effects of emphasizing hypothetico-predictive reasoning within the science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understandings in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, pp. 1127-1147.
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4)
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1127::AID-TEA5>3.3.CO;2-W](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1127::AID-TEA5>3.3.CO;2-W)
- LEÓN, J. A. (2003). Una introducción a los procesos de inferencias en la comprensión del discurso escrito. En J. A. León (coord.). *Conocimiento y discurso. Claves para inferir y comprender* (pp. 23-43). Madrid: Pirámide.

- LEÓN, J. A. y PÉREZ, O. (2003). Taxonomías y tipos de inferencias. En J. A. León (Coord.). *Conocimiento y discurso. Claves para inferir y comprender* (pp. 45-66). Madrid: Pirámide.
- LIMÓN, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11, pp. 357-380.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00037-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00037-2)
- LIN, L. y ZABRUCKY, K. (1998). Calibration of comprehension: Research and implications for education and instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 23, pp. 345-391.
<http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1998.0972>
- MACÍAS, A. y MATURANO, C. (2005) *Las representaciones mentales de los estudiantes a partir de un texto y de una ilustración referidas a un mismo fenómeno físico*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Granada (España), 7-10 de septiembre. Disponible en línea: <<http://ddd.uab.cat/record/77354>>.
- MAKI, R. H., JONAS, D. y KALLOD, M. (1994). The relationship between comprehension and meta-comprehension ability. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, pp. 126-138.
<http://dx.doi.org/10.3758/BF03200769>
- MARIA, K. y MACGINITIE, W. (1987). Learning from texts that refute the reader's prior knowledge. *Reading Research and Instruction*, 26, pp. 222-238.
<http://dx.doi.org/10.1080/19388078709557912>
- MARQUEZ, C. y PRAT, A. (2005). Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, pp. 431-440.
- MASKILL, R. y PEDROSA DE JESUS, M. H. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), pp. 781-799.
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069970190704>
- MATEUS, G. y OTERO, J. (2009). Teorías de la corporeidad y pensamiento científico: Derivación de disponibilidades en la comprensión de sistemas físicos. *Revista Colombiana de Educación*, 56, pp. 38-59.
- MATURANO, C. y MACÍAS, A. (2004). *Las preguntas formuladas por los alumnos muestran la falta de comprensión cuando leen textos de Física*. Memorias del 7.º Simposio de Investigación en Educación en Física. Santa Rosa (La Pampa, Argentina), 7-9 de octubre.
- MATURANO, C. I., MACÍAS, A. y SOLIVERES, M. A. (2002). Estrategias cognitivas y metacognitivas en la concepción de un texto de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 415-425.
- MAZZITELLI, C. A., MATURANO, C. I. y MACÍAS, A. (2007). Estrategias de monitoreo de la comprensión en la lectura de textos de Ciencias con dificultades. *Enseñanza de las Ciencias*, 25, pp. 217-228.
- MCKOON, G. y RATCLIFF, R. (1992). Inference during reading. *Psychological Review*, 99, pp. 440-466.
<http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.440>
- MESTRE, J. P. (2005). Facts and myths about pedagogies of engagement in science learning. *Peer Review*, 7, pp. 24-27.
- MILLER, G. A. y FELLBAUM, C. (1991). Semantic networks of English. *Cognition*, 41, pp. 197-229.
[http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277\(91\)90036-4](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277(91)90036-4)
- MILLIS, K. y GRAESSER, A. (1994). The Time-Course of Constructing Knowledge-Based Inferences for Scientific Texts. *Journal of Memory and Language*, 33, pp. 583-599.
<http://dx.doi.org/10.1006/jmla.1994.1028>
- MINNER, D. D., LEVY, A. J. y CENTURY, J. (2010). Inquiry-based science instruction –what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, pp. 474-496.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20347>

- NILES, I. y PEASE, A. (2001). Towards a standard upper ontology. En C. Welty y B. Smith (eds.). *Proceedings of the 2nd International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS-2001)* (pp. 2-9). New York: ACM Press.
<http://dx.doi.org/10.1145/505168.505170>
- NORMAN, D. A. (1983). Some observations on mental models. En D. Gentner y A. L. Stevens (eds.). *Mental Models* (pp. 7-14). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- OTERO, J. (1990). Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 17-22.
- OTERO, J. (2009). Question generation and anomaly detection in texts. En D. Hacker, J. Dunlosky y A. Graesser (eds.). *Handbook of metacognition in education* (pp. 47-59). New York: Routledge.
- OTERO, J. y CALDEIRA, M. H. (2005). La comprensión de los libros de texto de ciencias. *Tarbiya*, 36, pp. 5-9.
- OTERO, J., CALDEIRA, M. H. y GOMES, C. J. (2004). The influence of the length of causal chains on question asking and on the comprehensibility of scientific texts. *Contemporary Educational Psychology*, 29, pp. 50-62.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0361-476X\(03\)00018-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0361-476X(03)00018-3)
- OTERO, J. y CAMPANARIO, J. M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), pp. 447-460.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660270505>
- OTERO, J. e ISHIWA, K. (2014). Cognitive processing of ignorance. En D. N. Rapp y L. G. Jason (eds.). *Processing inaccurate information: Theoretical and applied perspectives from cognitive science and the educational sciences*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- OTERO, J., LEÓN, J. A. y GRAESSER, A. C. (2002). *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- PROCTOR, R. N. y SCHIEBINGER, L. (2008). *Agnotology: The making & unmaking of ignorance*. Stanford, Ca.: Stanford University Press.
- RUNCO, M. A. (1994). *Problem finding, problem solving and creativity*. Norwood, N.J.: Ablex Publishing Company.
- SANJOSÉ, V., SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. y VIDAL-ABARCA, E. (1993). Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, pp. 137-148.
- SANJOSÉ, V. y TORRES, T. (2014). Generación de preguntas sobre información no textual: una validación empírica del modelo obstáculo-meta en la comprensión de dispositivos experimentales de ciencias. *Universitas Psychologica*, 13(1), pp. 357-368.
<http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.UPSY13-1.gpin>
- SANJOSÉ, V., TORRES, T. y SOTO, C. (2013). Effects of Scientific Information Format on the Comprehension Self-Monitoring Processes: Question Generation//Efectos del formato en que se presenta la información científica sobre la autorregulación de los procesos de comprensión. *Revista de Psicodidáctica/Journal of Psychodidactics*, 18, pp. 293-311.
<http://dx.doi.org/10.1387/RevPsicodidact.4623>
- SANTELICES, L. (1990) La comprensión de lectura en textos de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 8, pp. 59-64.
- SCHUNK, D. H. y ZIMMERMAN, B. J. (2003). Self-regulation and learning. En W. M. Reynolds y G. E. Miller (eds.). *Handbook of psychology, Vol. 7: Educational psychology* (pp. 59-78). New York: John Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1002/0471264385.wei0704>

- SMITHSON, M. (2008). Social theories of ignorance. En R. Proctor y L. Schiebinger (eds.). *Agnotology: The Making and Unmaking of Ignorance* (pp. 209-229). Stanford: Stanford University Press.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. (2009). Aprender ciencia con textos: Bases teóricas y directrices. *Latin American Journal of Physics Education*, 3, pp. 376-379.
- SWANSON, H. L. (1990). Influence of meta-cognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 82, pp. 306-34.
<http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.82.2.306>
- TORRES, T., SANJOSÉ, V. y SOTO, C. A. (2014). Effects of scientific information format on the comprehension self-monitoring processes: question generation. *Revista de Psicodidáctica*, 18(2), pp. 293-311.
- TRABASSO, T. y MAGLIANO, J. P. (1996). Conscious understanding during comprehension. *Discourse Processes*, 21, pp. 255-287.
<http://dx.doi.org/10.1080/01638539609544959>
- VAN DEN BROEK, P., LORCH, R. F., LINDERHOLM, T. y GUSTAFSON M. (2001). The effects of readers' goals on inference generation and memory for texts. *Memory & Cognition*, 29, pp. 1.081-1.087.
<http://dx.doi.org/10.3758/BF03206376>
- VÁZ-REBELO, P., FERNANDES, P., MORGADO, J., MONTEIRO, A. y OTERO, J. (2014). Students' conscious unknowns about artefacts and natural objects. *Educational Psychology*, [publicación electrónica anterior a la imprenta] 1-15.
<http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2014.916398>
- VÁZ-REBELO, P., MORGADO, J., FERNANDES, P. y OTERO, J. (2015). Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias II: Factores que influyen en lo que los alumnos saben que no saben. *Enseñanza de las Ciencias* (aceptado para publicación).
- WINNE, P. H. y HADWIN, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. En D. J. Hacker, J. Dunlosky y A. C. Graesser (eds.). *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 227-304). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- YUILL, N. y OAKHILL, J. (1991). *Children's problems in text comprehension: An experimental investigation*. Cambridge: University Press.

Conscious ignorance in learning science I: components of the incomprehension of a scientific text

Carla Maturano, Ascensión Macías
Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina
cmatur@ffha.unsj.edu.ar, amacias@speedy.com.ar

Koto Ishiwa, José Otero
Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España
ishiwakoto@hotmail.com, jose.otero@uah.es

Much research in science education has focused on the processes involved in building knowledge and comprehension of scientific content. However, the positive roles of what is consciously unknown or not understood have received much less attention. This article aims to contribute to the analysis of conscious incomprehension. It is organized into three sections. First, a general framework for characterizing conscious incomprehension is provided. We aim to identify the structure of conscious incomprehension of a student who attempts to build a situation model of a scientific text. This structure is based on a correspondence between incomprehension and comprehension. The elements making up the conscious incomprehension of a text are based on the elements involved in the comprehension of this text, i.e., the inferences that make up a situation model. Following Trabasso and Magliano (1996) we distinguish between associative, explanatory, and predictive inferences. Associations provide information about descriptive detail of the entities mentioned in a text. Explanations provide reasons as to why something occurs. Predictions are forward oriented and include consequences of events. These three classes of inferences are the foundation to distinguish three types of possible obstacles found by readers who attempt to understand a scientific text. These obstacles constitute readers' conscious ignorance. They are identified by analyzing the questions asked by readers instructed to understand short experimental texts.

The second main section of the paper presents an analysis of the results of some studies on question asking on scientific texts. We examine the distribution of questions, and therefore of the obstacles to comprehension, in terms of the proposed framework. In a situation of reading for understanding, a predominance of explanatory obstacles as well as a shortage of prediction obstacles are found in all of the studies.

Finally, we synthesize some conclusions based upon the previous analyses. A main conclusion is the constructive character of conscious ignorance. Conscious incomprehension is built, and can be analyzed based on the elements involved in building comprehension. Also, the analyzed studies show that students are specially aware of explanatory obstacles when reading for comprehension and much less so of prediction obstacles. However, the distribution of these components of incomprehension may be influenced by variables such as reader's knowledge, task, or interest.