



Educação e Pesquisa

ISSN: 1517-9702

ISSN: 1678-4634

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

Otero, José; Rosa, Cleci Werner da
Metacognición en el aprendizaje de las ciencias: saber lo que no se sabe o no se comprende 1
Educação e Pesquisa, vol. 49, e250081, 2023
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202349250081>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29874394013>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UABM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Metacognición en el aprendizaje de las ciencias: saber lo que no se sabe o no se comprende¹

José Otero²

ORCID: 0000-0001-6668-9320

Cleci Werner da Rosa³

ORCID: 0000-0001-9933-8834

Resumen

El presente trabajo trata sobre conocimiento metacognitivo en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Se examina en particular el papel del conocimiento que los alumnos tienen sobre lo que no saben acerca de contenidos del currículo de ciencias. Después de una breve introducción a la noción de metacognición, analizamos el papel del desconocimiento y la incompreensión consciente tanto en la investigación científica como en el aprendizaje de las ciencias en el contexto escolar. En particular se discute una característica del papel que juegan el desconocimiento y la incompreensión en la enseñanza de las ciencias: el monopolio que tienen los profesores sobre lo que no se sabe y se debe saber. A continuación, analizamos dos de las variables que influyen en esta consciencia del desconocimiento y la incompreensión: el conocimiento de la materia y la fuente de la información proporcionada. Se revisan estudios que muestran cómo la falta de conocimiento lleva a desconocimiento difuso, de menor calidad. Después se analizan otros trabajos que relacionan características de la fuente de información, como la credibilidad que perciben en ella los alumnos, con la expresión de incompreensión de esta información. Finalmente se sintetizan algunas conclusiones e implicaciones para la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave

Conocimiento metacognitivo – Aprendizaje de las ciencias – Desconocimiento – Incompreensión.

1- Agradecemos a CNPq por el auxilio en el desarrollo de la investigación por medio del *Apoio Pesquisador Visitante*.

2- Universidad de Alcalá, Madrid, España. Contacto: jose.otero@uah.es

3- Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. Contacto: cwerner@upf.br



<https://doi.org/10.1590/S1678-4634202349250081>
This content is licensed under a Creative Commons attribution-type BY 4.0.

Metacognition in science learning: knowing what one does not know or does not understand

Abstract

This work deals with metacognitive knowledge in science teaching and learning. In particular, the role of students' knowledge about what they do not know about science curriculum content is examined. After a brief introduction to the notion of metacognition, we analyze the role of conscious lack of knowledge and lack of understanding both in scientific research and in science learning in a school context. In particular, a characteristic of the role played by lack of knowledge and lack of understanding in science teaching is discussed: the monopoly that teachers have on what is not known and should be known. Then, we analyze two of the variables that influence the awareness of lack of knowledge and lack of understanding: knowledge of the subject and the source of the information provided. Studies are reviewed that show how the lack of knowledge leads to diffuse lack of knowledge, of a low quality. Also, other research is analyzed that relates characteristics of the information source, such as the credibility that students perceive in it, with the expression of difficulties in understanding this information. Finally, some conclusions and implications for science teaching are synthesized.

Keywords

Metacognitive knowledge – Learning of science – Ignorance – Incomprehension.

Introducción

La noción de metacognición fue introducida en la psicología evolutiva por John Flavell en 1971 para referirse al pensamiento sobre el pensamiento, especialmente en lo que concierne al conocimiento sobre la propia memoria y sus procesos (FLAVELL, 1971; FLAVELL; WELLMAN, 1977). Desde entonces el concepto ha sido tratado por diversos investigadores, incluyendo los del área de las ciencias (ZOHAR; BARZILAI, 2013) aumentando su elaboración y complejidad (VEENMAN, 2011).

Una distinción básica es la que se hace entre dos componentes de la metacognición: el conocimiento sobre la propia cognición y los procesos de regulación de la cognición (BAKER; BROWN, 1984; BROWN, 1987; SCHRAW; DENNISON, 1994). El primero se refiere, por ejemplo, a saber que uno aprende mejor una materia como la biología que otra materia como las matemáticas, o saber que es más fácil reproducir una ley o un principio físico que aplicarlo a una situación concreta. En los procesos de regulación de la cognición se han distinguido, a su vez, al menos dos clases importantes (NELSON; NARENS, 1990; PINTRICH; WOLTER; BAXTER, 2000): los procesos relacionados con la vigilancia y los relacionados con el control. Los primeros tienen que ver con información para saber si se están desarrollando adecuadamente procesos cognitivos como los involucrados en la

comprensión de una oración en un libro de texto, procesos que se desarrollan en lo que Nelson y Narens (1990) llaman nivel objeto. Los segundos tienen que ver con las medidas correctoras que se pueden poner en marcha si la vigilancia alerta de alguna dificultad en los procesos cognitivos que se desarrollan en el nivel objeto. Tomando como ejemplo los componentes metacognitivos de la lectura, una persona puede tener conocimiento metacognitivo sobre las características que hacen que un texto sea fácil o difícil de recordar. Por ejemplo, puede saber que un texto en el cual las proposiciones están desconectadas entre sí es más difícil de recordar que otro en el que estén bien relacionadas. Además, cuando está leyendo puede poner en marcha procesos de regulación en la lectura como tratar de identificar la idea esencial de un texto para comprobar si está entendiendo o no, y en este último caso tomar una medida de control como releer el texto para mejorar la comprensión de los fragmentos problemáticos.

Desde luego, el conocimiento y los procesos metacognitivos no se refieren solamente a la lectura, sino que se ponen en marcha también en el contexto de la enseñanza y el aprendizaje de materias como las ciencias, por ejemplo, cuando un alumno se da cuenta de que no comprende la explicación de un fenómeno, o cuando se da cuenta de que tiene dificultades en la resolución de un problema. En este trabajo se examina el papel de conocimiento metacognitivo relevante en el aprendizaje de la ciencia, en particular el conocimiento acerca de lo que no se sabe o no se comprende sobre contenidos curriculares de ciencias. En el campo de la metacognición se ha prestado alguna atención a los procesos involucrados en la conciencia del desconocimiento y la incomprensión. Los primeros estudios (por ejemplo, Gentner y Collins, 1981) examinaron las memorias negativas, es decir, el conocimiento de que un elemento de información no se encuentra en la memoria. Otra investigación analizó el sentimiento de no saber, -en contraste con el sentimiento de saber (KORLAT, 1993)-, es decir la situación en que no se puede recuperar cierta información de la memoria en un determinado momento y se concluye que realmente se desconoce (e.g. GHETTI, 2003; LIU et al., 2007). Ejemplos de otros estudios relacionados con el desconocimiento son los que tratan de la relación entre los juicios que hacen los sujetos acerca de lo que saben o no saben (por ejemplo, del significado de ciertas palabras) y las evaluaciones objetivas de este conocimiento (e.g. SMITH; WAS, 2019; TOBIAS; EVERSON, 2009), o el examen de la consciencia del conocimiento y del desconocimiento de la propia disciplina en expertos y novatos (HANSSON; BURATTI; ALLWOOD, 2017).

Sin embargo, existen pocos estudios sobre el contenido del desconocimiento consciente de elementos complejos en la memoria semántica, como los que se tratan en las clases de ciencias. La educación y la investigación educativa (y psicológica) han estado tradicionalmente ocupadas, quizá justificadamente, con el desarrollo del conocimiento y la comprensión, prestando menos atención al desconocimiento y la incomprensión que se consideran solamente en su faceta negativa. Pero ser consciente del propio desconocimiento y de la propia incomprensión cumple papeles positivos en el trabajo de investigación científica y también en el aprendizaje de las ciencias. En las secciones que siguen, se revisan estudios sobre algunas de estas funciones positivas. Después se examinan los que se refieren a dos de las variables con influencia en el desconocimiento y la incomprensión conscientes: el conocimiento y la fuente de información. Finalmente se sintetizan algunas conclusiones e implicaciones para la enseñanza de las ciencias.

El desconocimiento y la incomprensión conscientes en la investigación científica

Einstein e Infeld (1996 [1939]) son citados con mucha frecuencia para ilustrar la importancia del desconocimiento y la incomprensión conscientes en el desarrollo de la ciencia. Para estos autores,

[...] la formulación de un problema es con frecuencia más esencial que su solución, que puede ser simplemente cuestión de habilidad experimental o matemática. Plantear nuevas preguntas, nuevas posibilidades, considerar viejas cuestiones desde un nuevo punto de vista requiere imaginación creativa y es lo que indica un avance real en la ciencia. (p. 95)

Stuart Firestein, un neurocientífico de la Universidad Columbia, se refiere explícitamente al papel central de la ignorancia en la actividad científica. En un libro titulado *Ignorance. How it drives science* advierte que: “[...] los científicos no se centran en lo que saben, que es considerable pero al mismo tiempo minúsculo, sino en lo que no saben⁴” (FIRESTEIN, 2012, p. 15, nuestra traducción). Entre otros aspectos analiza cómo convertirse en un *experto en ignorancia*, generador de buenas preguntas de investigación, es decir en descubridor de desconocimiento e incomprensión de calidad porque “Quizá la primera cosa que un científico o una científica debe considerar es como decidir, frente al enorme trasfondo de lo desconocido, en que zona particular de la oscuridad se van a instalar⁵” (p. 58, nuestra traducción). Esta decisión no resulta trivial y como indica el historiador de la ciencia Robert Proctor, es crucial para la generación de conocimiento científico: “[...] solamente haciendo las preguntas correctas-conociendo donde se encuentra la ignorancia fructífera (es decir erradicable) - podemos conseguir llegar al conocimiento⁶” (PROCTOR, 2008, p. 5, nuestra traducción). El proceso de generación de ignorancia consciente consiste en “[...] el reconocimiento expreso de lo que todavía no se sabe, pero necesitamos saber para establecer la base de aún más conocimiento⁷” (MERTON, 1987, p. 1, nuestra traducción). La calidad e interés de esta ignorancia fructífera, expresada en preguntas de investigación, depende de decisiones del investigador alguna de las cuales examina Firestein (2012) en la obra mencionada anteriormente. Por ejemplo, una estrategia productiva es la descomposición de grandes incógnitas y preguntas grandiosas en elementos de desconocimiento más modestos y preguntas más limitadas, que pueden ser tratados en profundidad por el investigador. Por ejemplo, uno puede preocuparse del importante problema neurodidáctico de relación entre la actividad cerebral de un alumno y las estrategias de enseñanza en el aula. Alternativamente se puede optar por estudiar el cerebro de un gusano. Ejemplifica los extremos de la sugerencia de Firestein contrastando el imponente problema que involucra a casi 9×10^9 neuronas del cerebro humano interactuando entre sí, con preguntas

4- “[...] scientists don't concentrate on what they know, which is considerable but also minuscule, but rather on what they don't know”.

5- “Perhaps the first thing for a scientist to consider is how to decide, against the enormous backdrop of the unknown, what particular part of the darkness he or she will inhabit”.

6- “[...] since it is only by asking the right questions—by knowing wherein fruitful (that is, eradicable) ignorance lies - that we can ever come to knowledge”.

7- “[...] the express recognition of what is not yet known but needs to be known in order to lay the foundation for still more knowledge”.

sencillas en una zona particular de la oscuridad como las referentes al funcionamiento de una de las 302 neuronas de un nematodo.

El desconocimiento y la incompreensión conscientes en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

Por tanto, un problema de interés en la investigación científica es la identificación de desconocimiento apropiado para poder producir nuevo conocimiento. Y el problema es también relevante en el contexto del aprendizaje de las ciencias, aunque el propósito no sea añadir al conocimiento científico sino mejorar el aprendizaje de los alumnos. Los enfoques tradicionales de la educación científica se han ocupado con frecuencia en resolver problemas que los alumnos no se planteaban, y en dar respuestas a preguntas que los alumnos no se hacían. Ya en 1958, un prestigioso profesor de Biología y educador estadounidense llamaba la atención sobre características de una educación científica basada en una retórica de conclusiones, reflejo de una visión decimonónica de la ciencia:

Se suponía que la ciencia [del siglo XIX] debía estudiar un mundo dado, permanente e inflexible. La investigación se concebía solamente como una cuestión de ver lo que había allí, registrarlo y codificarlo a medida que se desarrollaba. Por tanto, se suponía que la ciencia debía buscar y encontrar verdades inalterables.

La educación apropiada para tal visión de la ciencia era bastante clara: el dominio de los hechos verdaderos conocidos por la ciencia. Para tal educación, el mejor material posible era de un solo tipo: una organización y presentación clara, inequívoca, y coherente de lo conocido, una pura retórica de conclusiones. Porque ni la duda ni la ambigüedad caracterizaban lo conocido. Bastaba una retórica declarativa de conclusiones, omitiendo toda evidencia, interpretación, duda y debate. Porque, presumiblemente, no había interpretaciones involucradas ni existían dudas. Las conclusiones de la ciencia simplemente presentaban lo que habían visto los científicos. Para tal educación, el método apropiado era igualmente claro: la inculcación y el ejercicio [...] Por tanto, una educación dogmática materializada en conferencias y libros de texto respetables, instrucciones de laboratorio inflexibles y ejercicios que no presentaban problemas de elección y aplicación, era la educación apropiada para esta visión de la ciencia del siglo XIX⁸ (SCHWAB, 1958, p. 375-376, nuestra traducción).

Pero desde entonces algunos enfoques de la enseñanza de las ciencias trataron de responder a esta crítica incluyendo en el currículo escolar problemas e investigaciones

8- "Science was supposed to study a permanent, inflexible, given world. Research was taken as a matter only of seeing what was there, recording and codifying as it went. Science, therefore, was supposed to seek and find inalterable truths.

The education appropriate to such a view of science was clear enough: mastery of the true facts as known by science. For such an education, the best possible material was one kind only: a clear, unequivocal, herent organization and presentation of the known: a pure rhetoric of conclusions. For neither doubt nor ambiguity characterized what was known. A declarative rhetoric of conclusions, omitting all evidence, interpretation, doubt, and debate, sufficed. For, presumably, no interpretation was involved, no doubt existed. The conclusions of science merely presented what the scientist had seen. For such an education the proper method was equally clear: inculcation and exercise [...] A dogmatic education, then, embodied in authoritative lecture and textbook, inflexible laboratory instructions, and exercises presenting no problems of choice and application was the education appropriate to this nineteenth century view of science".

que conducen a las respuestas, es decir estrategias de enseñanza basadas en la indagación (LOYENS; RIKERS, 2011; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; FURTAK *et al.*, 2012; MINNER; LEVY; CENTURY, 2010). Por ejemplo, se dio importancia especial a las preguntas y los problemas en el llamado *Aprendizaje Basado en Problemas* (PBL) donde el currículo se organiza explícitamente alrededor de problemas abiertos que deben ser investigados por los alumnos (HMELO-SILVER; 2004; MERRITT *et al.*, 2017; SAVERY, 2006; ZION; COHEN; AMIR, 2007). Finalmente, la importancia de explicitar el desconocimiento y la incomprensión ha sido destacada también en numerosos trabajos sobre el papel de las preguntas en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia (CHIN; OSBORNE, 2008; MASKIL; DE JESUS, 1997) y en particular en el aprendizaje por indagación y el aprendizaje basado en problemas (CHIN; CHIA, 2004; HERRANEN; AKSELA, 2019). Preguntar es un proceso metacognitivo de control para conseguir conocer o comprender, cuando previamente el proceso metacognitivo de vigilancia ha dado como resultado la conciencia de falta de conocimiento o comprensión.

La generación de desconocimiento e incomprensión por parte de los alumnos de ciencias

Una característica importante del papel que juegan el desconocimiento y la incomprensión en la enseñanza de las ciencias es el cuasi monopolio que tienen los profesores sobre lo que no se sabe y se debe saber. En una revisión de los métodos PBL, Hung, Jonassen y Liu (2008) indicaban que “Dado que un curriculum PBL consiste en una colección de problemas, no hay duda de que los problemas mismos son cruciales para el éxito del PBL [...] Seleccionar y redactar problemas de PBL apropiados y eficaces son tareas muy desafiantes y difíciles⁹” (p. 496, nuestra traducción). Por ello, varios trabajos se han ocupado de las recomendaciones específicas para la generación de problemas en los métodos PBL. Estos problemas deben ser suficientemente complejos, poco estructurados, abiertos, realistas, promover las conjeturas y la argumentación, promover el interés, y relacionarse con el contenido del currículo (HMELO-SILVER, 2004; DUCH, 2001; JONASSEN; HUNG, 2008; WEISS, 2003). No es de extrañar, por tanto, que la proposición de problemas quede como una tarea de la que se encarga casi siempre el profesor, tanto en esta clase de métodos de enseñanza como en otras actividades instruccionales más tradicionales. Por ejemplo, en un estudio sobre el nivel de indagación de las prácticas de laboratorio, Buck, Bretz y Towns (2008) analizaron 22 manuales de laboratorio universitario de los cursos introductorios de Astronomía, Biología, Física, Geología, Meteorología y Química. Los experimentos incluidos en los manuales fueron clasificados por su grado de indagación según un esquema inspirado en los trabajos clásicos de Schwab (1958) y Herron (1971). De acuerdo con este esquema el grado de indagación de una práctica de laboratorio puede variar desde un nivel mínimo en el cual el problema, los medios para resolverlo y los resultados estén dados, y un nivel máximo en el cual el alumno debe generar todos

9- “Given that a PBL curriculum consists of a collection of problems, there is no doubt that the problems themselves are crucial to the success of PBL”.

los elementos anteriores. En el primer caso, la labor del alumno solamente consiste en comprobar resultados para una pregunta especificada utilizando medios y procedimientos totalmente prescritos (por ejemplo, averiguar la aceleración de la gravedad midiendo el periodo de oscilación de un péndulo). En el nivel máximo de indagación, el alumno debe generar su propio problema de investigación, abordable de manera experimental. Debe, además, identificar y utilizar teoría relevante, establecer el procedimiento y medios experimentales para resolverlo, generar y analizar los resultados, y sintetizar las conclusiones. Según los resultados del estudio de Buck, Bretz, y Towns (2008) ninguno de los 22 manuales incluía sugerencia alguna de experimento del máximo nivel, en el cual el problema se dejase a elección de los alumnos. El 30% de los experimentos se clasificaban en el nivel mínimo de indagación y otro 62% solamente dejaba bajo la responsabilidad de los alumnos la obtención de resultados y conclusiones.

Los profesores, por tanto, no parecen esperar que los alumnos sean capaces de expresar desconocimiento e incompreensión de calidad. En consonancia con esto, la expresión del desconocimiento, la incompreensión o la incertidumbre tampoco han ocupado un lugar en los sistemas de evaluación: a los alumnos se les pregunta acerca de sus certezas y no sobre su consciencia de lo que no saben o no comprenden. Viennot (2006), en un estudio sobre medidas para mejorar la satisfacción intelectual de los estudiantes eliminando inconsistencias en la presentación de las teorías físicas, menciona resultados de un trabajo de investigación en el que se analizaron las preguntas efectuadas a los estudiantes en el examen final del bachillerato francés (RIGAUT, 2005). Llama la atención sobre el hecho de que ninguna de las preguntas de examen efectuadas en los años analizados (1999 y 2000) solicitaba que los estudiantes criticasen un resultado. También, Henderson y otros autores (2015) se refieren al mismo problema en un trabajo sobre el valor de la crítica en la enseñanza de la ciencia:

En las evaluaciones existe, por ejemplo, la hegemonía de las respuestas correctas sobre las incorrectas. De manera abrumadora, los exámenes de ciencias evalúan la capacidad de los estudiantes para reconocer o recordar la explicación científica estándar. Rara vez, por ejemplo, las preguntas solicitan por qué la respuesta puede ser defectuosa. A los estudiantes, por ejemplo, no se les pregunta qué hay de equivocado en un diseño experimental, por qué una interpretación de un conjunto de datos podría ser incorrecta, o cómo mejorar una explicación inapropiada¹⁰. (2015, p. 1674, nuestra traducción).

De hecho, refiriéndose a la forma de medir el razonamiento y la forma en que los niños solucionan problemas, Acredolo y O'Connor (1991) llamaron la atención sobre lo que denominan “procedimientos de elección” utilizados en la medida de procesos cognitivos. Estos son procedimientos que “[...] hacen suponer a los sujetos que cada problema tiene una solución que se puede deducir y que serán evaluados solamente sobre la base de si

10- “There is, for instance, the hegemony of right over wrong answers in assessments. Overwhelmingly, science assessments test students’ ability to recognize or recall the standard scientific explanation. Rarely, for instance, do items ask why an answer might be flawed. Students are not, for instance, asked what is wrong with an experimental design, why an interpretation of a data set might be incorrect, or how to improve a weak explanation.”

son capaces o no de identificar la solución¹¹” (1991, p. 206, nuestra traducción). Pero, al contrario, la evaluación podría dar oportunidad para que los alumnos manifestasen su desconocimiento e incomprensión, reconociendo el valor de esta ignorancia consciente. Precisamente, inspirados en el trabajo de Acredolo y O'Connor (1991), Rowell y Pollard (1995) introdujeron la posibilidad de reconocer incertidumbre en un curso de formación de profesores de Física. En una prueba sobre la naturaleza de la ciencia modificaron el esquema tradicional de respuesta de opción múltiple, dando oportunidad a los profesores en formación de manifestar su incertidumbre acerca de la corrección de cada alternativa ofrecida. Los profesores podían responder en una escala de cinco niveles según considerasen la opción “Definitivamente correcta, Probablemente correcta, Quizá correcta, Probablemente incorrecta o Definitivamente incorrecta”. Aunque el estudio es muy modesto y de validez limitada dado el número de participantes y de preguntas, los autores valoraron el efecto positivo que tuvo el reconocimiento de la incertidumbre en la motivación de los profesores para aprender más sobre el tema. Según su conclusión “Subjetivamente creemos que el nivel de involucración de nuestro grupo de profesores [sujetos del estudio] apoyó el argumento sobre la motivación, fundamentado teóricamente, de que la conciencia de la incertidumbre proporciona un ‘motor de cambio’¹²” (ROWELL; POLLARD, 1995, p. 95, nuestra traducción).

El pequeño papel jugado por el desconocimiento y la incomprensión consciente de los alumnos que aprenden ciencias es consistente con los numerosos estudios que ponen de manifiesto las dificultades que tienen los estudiantes para expresar desconocimiento e incomprensión apropiados a través de preguntas, o mediante la propuesta de problemas de investigación. Jelly (2001) expresa estas limitaciones refiriéndose a alumnos jóvenes:

En mi experiencia muchas de las preguntas hechas espontáneamente por los niños no son puntos de partida útiles para hacer ciencia. [...] las preguntas de los niños pequeños reflejan una necesidad de realizar asociaciones con su experiencia previa [...] la curiosidad de un niño frecuentemente no se manifiesta como un cuestionamiento espontáneo sino como un enunciado de sus intereses [...] En situaciones como ésta los profesores deben intervenir para enmarcar los problemas de manera que los niños puedan investigarlos de manera científica [...] Por tanto, en la práctica, con mucha frecuencia son las preguntas del profesor, y no las del niño las que inician la actividad científica¹³. (p. 36, nuestra traducción).

En otro estudio, Chin y Kayalvhizi (2002) examinaron las preguntas y problemas de investigación que proponían alumnos de 11 y 12 años para ser tratados en clase. Encontraron que cuando estos problemas se generaban individualmente, alrededor del 88% no eran investigables. Entre ellos se incluían preguntas de información básica que podrían

11- “We suggest that the appearance of confidence and certainty is often an illusion caused by our almost total reliance on procedures that imply to subjects that every problem has one deducible solution, and that they will be evaluated based only on whether or not they can identify that solution.”

12- “Subjectively, we believe the level of involvement of our group of teachers provided support for the theoretically-driven motivational argument that a consciousness of uncertainty provides the ‘motor of change’”.

13- “In my experience, many of the questions children ask spontaneously are not profitable starting points for science. [...] question from young children reflect an urge to make associations with their previous experience. [...] a child's curiosity often does not show itself as spontaneous questioning but rather as a statement of interests. [...] In situations like this, teachers have to intervene in order to frame problems that children can investigate in a scientific way. [...] So in practice it is very often a teacher's questioning not a child's, that initiates scientific activity”.

responderse buscando en un libro, problemas complejos que involucran conocimientos más allá de la comprensión de los estudiantes, o problemas filosóficos y religiosos como, “¿Cuándo es el día del juicio final?

De acuerdo con lo anterior, una pregunta que surge naturalmente es ¿por qué es de mala calidad el desconocimiento y la incomprensión que generan los alumnos? Esta dificultad resulta muy llamativa por contradecir la intuición de que no tener conocimiento, o no comprender, son estados en los que uno se puede situar sin ningún esfuerzo. Analizar este problema remite a otro, fundamental, que fue planteado hace varias décadas por el psicólogo Berlyne (1954) en su trabajo pionero sobre la curiosidad humana: “La segunda pregunta [sobre la motivación subyacente a la búsqueda del conocimiento] es por qué, dentro de la gama infinita de elementos cognoscibles del universo, ciertos conocimientos se buscan con más ardor y se retienen más fácilmente que otros¹⁴” (1954, p. 180, nuestra traducción). Dar una respuesta a la intrigante pregunta de Berlyne (1954) acerca de por qué los alumnos buscan conocimientos que los profesores consideran inapropiados escapa a los límites de este estudio. En la sección siguiente se aborda solamente el problema más limitado de cuáles son los factores que influyen en la consciencia que tienen los alumnos de ciencias de su propio desconocimiento e incomprensión, examinando en particular dos de ellos: el conocimiento que tienen sobre la materia de que se trate, y las características de la fuente de información científica.

Factores que influyen en la manifestación del desconocimiento y la incomprensión

La manifestación de un desconocimiento e incomprensión adecuados depende, al menos, de factores relacionados con la tarea, como leer para comprender una cierta información o leer con el propósito de llevar a cabo un procedimiento (MORGADO *et al.*, 2014). Influyen también factores individuales, como el conocimiento del que procesa información, y factores contextuales como la clase de fuente que proporciona la información. A continuación, consideramos la influencia de estos dos últimos factores en el desconocimiento y la incomprensión manifestada cuando los alumnos leen un texto científico o técnico.

La influencia del conocimiento en el desconocimiento

Otero y Gallástegui (2016) analizaron la relación entre conocimiento y consciencia del desconocimiento de alumnos de aproximadamente 13 años, de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO) del sistema educativo español. En el estudio se solicitó la ayuda de estos alumnos para que indicasen todo lo que les gustaría saber sobre una muestra de objetos naturales, como una hoja, y de artefactos, como una batería, tratados en el currículo de ciencias. Los alumnos tenían más conocimiento sobre algunos de los objetos de las muestras, como una hoja, y menos sobre otros, como un micelio. Los resultados mostraron que el

14- “The second question is why, out of the infinite range of knowable items in the universe, certain pieces of knowledge are more ardently sought and more readily retained than others”.

desconocimiento es más difuso, global e impreciso cuanto menor es el conocimiento. Además, en este estudio se definió la naturaleza de esta imprecisión. Cuando el conocimiento es escaso los alumnos centran su desconocimiento en características de las categorías supraordenadas al objeto en cuestión. Es decir, los alumnos que tienen conocimientos limitados sobre los capacitores, por ejemplo, tienden a centrar su desconocimiento en características de los dispositivos eléctricos (¿Consumen mucha electricidad?), o de los artefactos en general (¿Quién los inventó?), haciendo preguntas que serían relevantes para cualquiera de estas categorías generales. En contraste, el desconocimiento es más preciso cuando los alumnos tienen más conocimiento sobre los objetos, lo cual se traduce en hacer preguntas aplicables solamente al objeto en cuestión, como ¿La capacidad depende del tamaño?

Resultados convergentes sobre el efecto del conocimiento, pueden encontrarse también en un estudio de Scardamalia y Bereiter (1992) sobre preguntas de estudiantes de la escuela primaria en torno a temas más o menos conocidos. Descubrieron que los estudiantes ajustaban el desconocimiento manifestado a través de preguntas según su nivel de conocimiento sobre temas como los combustibles fósiles o las especies en extinción. Los estudiantes, que tenían poco conocimiento sobre combustibles fósiles, por ejemplo, hacían preguntas que reflejaban un desconocimiento básico como ¿Qué son los combustibles fósiles?, o preguntas que implicaban desconocimiento de características relativamente simples como la composición de los combustibles fósiles: ¿De qué están hechos? Sin embargo, en el caso del tema de las especies en peligro de extinción, más conocido por ellos, no se manifestaba con tanta frecuencia este desconocimiento simple, sino que el desconocimiento era más elaborado. Se expresaba en preguntas como, ¿Cómo cuentan los científicos una especie para saber que está en peligro [de extinción]?

Graesser y Olde (2003) y Graesser y otros autores (2005) también encontraron resultados que reflejan la influencia del conocimiento en la generación de desconocimiento apropiado. Sus estudios se centraban en las preguntas hechas por estudiantes universitarios sobre fallos en el funcionamiento de dispositivos mecánicos como cerraduras. Los participantes en los experimentos tenían que hacer preguntas para identificar la fuente del mal funcionamiento de una cerradura. Se encontró que los estudiantes con más conocimientos técnicos hacían preguntas sobre los componentes y procesos que podrían explicar el mal funcionamiento. En otras palabras, pudieron identificar desconocimiento crucial, a diferencia de los estudiantes que tenían menos conocimiento. Estos últimos hacían, al igual que en los estudios mencionados anteriormente, preguntas más globales e imprecisas o centradas en componentes o procesos que no explicaban el mal funcionamiento de la cerradura. En resumen, por tanto, la falta de conocimiento lleva a desconocimiento difuso, de menor calidad.

La fuente de información

Los alumnos, y la gente en general, creen muchas cosas sin tener evidencia clara de que sean ciertas y por ello somos epistémicamente dependientes (HARDWIG, 1985). La complejidad de muchos temas plantea problemas importantes a los no expertos a la hora de decidir sobre la validez de la información que pueden encontrar (BROMME;

GOLDMAN 2014; YEATON; SMITH; ROGERS, 1990). Como señalan Brand-Gruwel y Stadler (2011) en referencia a la resolución de problemas de la vida diaria, “Debido a la creciente especialización en todas las áreas científicas hay un gran número de problemas (cotidianos), para los que se necesitan conocimientos que superen lo que un individuo podría conocer como parte de su educación general” (p. 176). Por lo tanto, las personas con frecuencia tienen que validar la información que reciben, es decir, decidir sobre su veracidad, evaluando la credibilidad de la fuente que la proporciona. Es decir, se realiza una evaluación de segunda mano en lugar de evaluar directamente la validez en términos del propio conocimiento y razonamiento (BROMME; GOLDMAN, 2014). Existe, por tanto, un número grande de estudios que analizan cómo las fuentes influyen en la validación de la información, especialmente cuando esta información proviene de páginas Web (BIRD; MCINERNEY; MOHR, 2011; FREEMAN; SPYRIDAKIS, 2004; KECK; KAMMERER; STARAUSCHEK, 2015; WILEY *et al.*, 2009), o cuando la información proviene de múltiples fuentes que pueden proporcionar informaciones inconsistentes sobre un mismo asunto (BRÅTEN; BRAASCH, 2018; BRÅTEN; BRAASCH; SALMERÓN, 2016). En los casos en que pueden existir conflictos entre la información proporcionada por una o por varias fuentes y los conocimientos del que recibe la información, tiene interés analizar el efecto que tienen las características de la fuente en el desconocimiento y la incompreensión manifestados por el que recibe la información.

El problema es relevante en una situación escolar como la de un alumno que estudia un libro de texto que presenta información inconsistente con lo que ya sabe o información difícil de comprender. ¿Cómo influyen las características de la fuente información en el reconocimiento de incompreensión por parte de los alumnos? Werner da Rosa y Otero (2018) estudiaron este problema en el caso de alumnos brasileños de enseñanza secundaria que leían textos de ciencias. Entre otros objetivos, se trataba de averiguar el efecto de la pericia (*expertise*) y credibilidad de la fuente de información en la conciencia de la incompreensión medida por la detección de dificultades en varios párrafos relativamente complejos. Estos párrafos se presentaban como si fuesen tomados de fuentes con mayor o menor credibilidad: un libro de texto escrito por un experto o un informe escolar escrito por un alumno. Los resultados no arrojaron diferencias significativas en el número de dificultades detectadas en los párrafos presentados como tomados de un libro de texto o de trabajos escolares.

Pero en una replicación del estudio, Werner da Rosa y Otero (2021) encontraron una diferencia notable cuando se analizaba la atribución de la incompreensión en las dos condiciones experimentales. Los alumnos podían realizar dos clases de atribuciones causales de las dificultades encontradas: internas o externas. Las primeras corresponden a dificultades propias para comprender los fenómenos descritos o explicados en los párrafos. Se expresan mediante preguntas acerca de la situación que se intenta comprender, por ejemplo ¿Cómo se detectan las ondas de sonido debajo del agua? o ¿Cómo se forman las gotas? Sin embargo, en las atribuciones externas el que lee apunta al texto o al autor como causante de las dificultades de comprensión. En el estudio se encontró que cuando los alumnos creían estar leyendo un párrafo que había sido escrito por otro alumno hacían significativamente más atribuciones externas de las dificultades encontradas que cuando

leían el mismo texto creyendo que estaba escrito por un experto. Ante la fuente de baja pericia los alumnos manifestaban su incompreensión con afirmaciones como “Estas dos frases no son coherentes entre sí, no se completan” o “Quien escribió este texto no sabía de peces”. La fuente de información influía, por tanto, en un reconocimiento diferente de la incompreensión. Cuando leían de la fuente menos experta los alumnos estaban siguiendo las recomendaciones de Beck y McKeown (2001) en su estrategia de *Cuestionamiento del autor (QtA)* para la comprensión de textos:

[...] QtA enfoca el texto como [...] las ideas de alguien puestas por escrito [...] Presentando la idea de que los autores no siempre son claros, fuimos capaces de indicar a los alumnos que, como lectores, necesitan trabajar para aclarar cuáles son las ideas detrás de las palabras del autor. Lo que intentamos hacer es cambiar la razón por la que se necesita hacer un esfuerzo activo, de las limitaciones del lector a la vulnerabilidad del autor¹⁵. (2001, p. 229-230 nuestra traducción).

Cuando los alumnos perciben una menor pericia en la fuente son capaces de considerar el texto como una construcción criticable, algo que no hacen por un efecto reverencial (KRUGLANSKI *et al.*, 2005) cuando creen leer un libro de texto. En el primer caso, manifiestan su incompreensión criticando la presentación de la información, en lugar de aceptarla como una verdad incuestionable que debe ser aceptada como válida por encima de todo.

Conclusiones

En la investigación en el área de la enseñanza de las ciencias pueden encontrarse ya llamadas de atención sobre la importancia de *problematizar*, es decir “[...] identificar, articular y motivar el problema que necesita ser resuelto” (PHILLIPS; WATKINS; HAMMER, 2017, p. 3), promoviendo la manifestación de desconocimiento e incompreensión por parte de los alumnos (WATKINS *et al.*, 2018). Lo que no se comprende, y especialmente lo que no se conoce y es necesario conocer ha sido rara vez decidido por los que aprenden y sí por los que enseñan. Generalmente, los diseñadores del currículo y los profesores proporcionan conocimiento en la clase, pero también deciden qué se desconoce y se debe conocer. Traspasar parte de esta responsabilidad a los alumnos, tal como se intenta hacer en algunos métodos de enseñanza y aprendizaje basados en problemas, implica conocer los factores que condicionan la producción de desconocimiento e incompreensión por los estudiantes, alguno de los cuales han sido examinados en las secciones anteriores. El conocimiento sobre la materia influye de manera importante en el desconocimiento que los alumnos son capaces de generar.

No se puede esperar desconocimiento e incompreensión elaborados cuando los estudiantes no tienen suficientes conocimientos sobre un tema. Mayor conocimiento implica desconocimiento e incompreensión más precisos, es decir, de más calidad. Además,

15- “[...] QtA addresses text as [...] as someone’s ideas written down [...] By raising the idea that authors may not always be clear, we were able to point out to students that as readers they need to work to figure out what the ideas are behind an author’s words. What we were attempting to do was to shift the reason for needing active effort from a reader’s inadequacies to an author’s vulnerability”.

la capacidad de manifestar desconocimiento e incompreensión apropiados está influida también por variables contextuales como las características del emisor de información. Los alumnos son capaces de hacer explícitos su desconocimiento y su incompreensión de manera inteligente cuando perciben que no hay una gran diferencia entre sus capacidades y la autoridad epistémica (KRUGLANSKI, 1989) de la fuente de información. Desde luego, es difícil que, en una situación natural, por ejemplo, leyendo un libro de texto de ciencias, los alumnos puedan creer que tienen la misma competencia y autoridad que el autor. Pero resultados de estudios como los mencionados más arriba ponen de manifiesto que los alumnos pueden ser capaces de expresar desconocimiento e incompreensión apropiados también en esta situación, evitando el efecto reverencial ante el escrito de un experto. Lo pueden hacer cuando se les anima a tener una actitud crítica ante la información como la que mantienen ante escritos de sus iguales.

Referencias

ACREDOLO, Curt; O'CONNOR, Jacqueline. On the difficulty of detecting cognitive uncertainty. **Human Development**, Basel, v. 34, n. 4, p. 204-223, 1991. <https://doi.org/10.1159/000277055>

BAKER, Linda; BROWN, Ann L. Metacognitive skills and reading. In: PERSON, P. David (ed.). **Handbook of reading research**. New York: Longman, 1984. p. 353-394.

BECK, Isabel; McKEOWN Margaret G. Inviting students into the pursuit of meaning. **Educational Psychology Review**, v. 13, p. 225-241, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1016671722022>

BERLYNE, Daniel Ellis. An experimental study of human curiosity. **British Journal of Psychology**, Jena, v. 45, n. 4, p. 256-266, 1954.

BIRD, Nora J.; MCINERNEY, Claire R.; MOHR, Stewart. Source evaluation and information literacy: findings from a study on science websites. **Communications in Information Literacy**, Buffalo, v. 4, n. 2, p. 170-191, 2011. <https://doi.org/10.15760/comminfolit.2011.4.2.95>

BRAND-GRUWEL, Saskia; STADTLER, Marc. Solving information-based problems: evaluating sources and information. **Learning and Instruction**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 175-179, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.02.008>

BRÅTEN, Ivar; BRAASCH, Jason. The role of conflict in multiple source use. In: BRAASCH, Jason; BRÅTEN, Ivar; MCCRUDDEN, Matthew (ed.). **Handbook of multiple source use**. New York: Routledge, 2018. p. 184-201.

BRÅTEN, Ivar; BRAASCH, Jason; SALMERÓN, Ladislao. Reading multiple and non-traditional texts: new opportunities and new challenges. In: MOJE, Elizabeth Birr *et al.* (ed.). **Handbook of reading research**. New York: Routledge, 2016. p. 79-98.

BROMME, Rainer; GOLDMAN, Susan. The public's bounded understanding of science. **Educational Psychologist**, London, v. 49, n. 2, p. 59-69, 2014. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.921572>

BROWN, Ann L. Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms.

In: WEINERT, Franz Emanuel; KLUWE, Rainer H. (ed.). **Metacognition, motivation, and understanding**. Hillsdale: Erlbaum, 1987. p. 65-116.

BUCK, Laura B.; BRETZ, Stacey Lowery; TOWNS, Marcy H. Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. **Journal of College Science Teaching**, Edoman, v. 38, n. 1, p. 52-58, 2008.

CHIN, Christine; CHIA, Li-Gek. Problem-based learning: using students' questions to drive knowledge construction. **Science Education**, v. 88, n. 5, p. 707-727, 2004. <https://doi.org/10.1002/sce.10144>

CHIN, Christine; KAYALVIZHI, G. Posing problems for open investigations: what questions do pupils ask? **Research in Science & Technological Education**, London, v. 20, n. 2, p. 269-287, 2002. <http://dx.doi.org/10.1080/0263514022000030499>

CHIN, Christine; OSBORNE, Jonathan. Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. **Studies in Science Education**, London, v. 44, n. 1, p. 1-39, 2008. <https://doi.org/10.1080/03057260701828101>

DUCH, Barbara J. Writing problems for deeper understanding. *In*: DUCH, Barbara J.; GROH, Susan E.; ALLEN, Deborah E. (ed.). **The Power of problem-based learning**: a practical "How to" for teaching undergraduate courses in any discipline. Sterling: Stylus, 2001. p. 47-58.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **La física aventura del pensamiento**. Buenos Aires: Losada, 1996 [1939].

FREEMAN, Krisandra S.; SPYRIDAKIS, Jan H. An examination of factors that affect the credibility of online health information. **Technical Communication**, v. 51, n. 2, p. 239-263, 2004.

FIRESTEIN, Stuart. **Ignorance**: how it drives science. New York: Oxford University Press, 2012.

FLAVELL, John H. First discussant's comments: What is memory development the development of? **Human Development**, v. 14, p. 272-278, 1971.

FLAVELL, John H.; WELLMAN, Henry. Metamemory. *In*: KAIL, Robert V.; HAGEN, John W. (ed.). **Perspectives on the development of memory and cognition**. Hillsdale: Erlbaum, 1977. p. 3-33.

FURTAK, Erin M et al. Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. **Review of Educational Research**, v. 82, n. 3, p. 300-329, 2012. <https://doi.org/10.3102%2F0034654312457206>

GENTNER, Dedre; COLLINS, Allan. Studies of inference from lack of knowledge. **Memory & Cognition**, London, v. 9, n. 4, p. 434-443, 1981. <https://doi.org/10.3758/BF03197569>

GHETTI, Simona. Memory for nonoccurrences: the role of metacognition. **Journal of Memory and Language**, Egham, v. 48, n. 4, p. 722-739, 2003.

GRAESSER, Arthur; OLDE, Brent. How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. **Journal of Educational Psychology**, Washington, DC, v. 95, n. 3, p. 524, 2003. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.95.3.524>

GRAESSER, Arthur *et al.* Question asking and eye tracking during cognitive disequilibrium: comprehending illustrated texts on devices when the devices break down. **Memory & Cognition**, London, v. 33, p. 1235-1247, 2005. <https://doi.org/10.3758/BF03193225>

HANSSON, Isabelle; BURATTI, Sandra; ALLWOOD, Carl Martin. 'Experts' and 'Novices' perception of ignorance and knowledge in different research disciplines and its relation to belief in certainty of knowledge. **Frontiers of Psychology**, London, v. 8, n. 377, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00377>

HARDWIG, John. Epistemic dependence. **The Journal of philosophy**, v. 82, n. 7, p. 335-349, 1985. <https://doi.org/10.2307/2026523>

HENDERSON, J. Bryan *et al.* Beyond construction: five arguments for the role and value of critique in learning science. **International Journal of Science Education**, London, v. 37, n. 10, p. 1668-1697, 2015. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1043598>

HERRANEN, Jaana; AKSELA, Maija. Student-question-based inquiry in science education. **Studies in Science Education**, London, v. 55, n. 1, p. 1-36, 2019. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658059>

HERRON, Marshall D. The nature of scientific enquiry. **School Review**, v. 79, n. 2, p. 171-212, 1971.

HMELO-SILVER, Cindy. E. Problem-based learning: what and how do students learn? **Educational Psychology Review**, Zurich, v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>

HUNG, Woei H.; JONASSEN, David H.; LIU, Rude. Problem-based learning. In: SPECTOR, J. Michael *et al.* (ed.). **Handbook of research on educational communications and technology**. Mahwah: Erlbaum, 2008. p. 485-506.

JELLY, Sheila. Helping children to raise questions and answering them. In: HARLEN, Wynne (ed). **Primary science: taking the plunge**. London: Heinemann Educational Books, 2001. p. 36-47

JONASSEN, David H.; HUNG, Woei. All problems are not equal: implications for problem-based learning. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning**, v. 2, n. 2, p. 6-28, 2008. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1080>

KECK, Daniel; KAMMERER, Yvonne; STARAUSCHEK, Erich. Reading science texts online: does source information influence the identification of contradictions within texts? **Computers & Education**, v. 82, p. 442-449, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.005>

KORIAT, Asher. How do we know that we know? The accessibility model of the feeling of knowing. **Psychological Review**, v. 100, n. 4, p. 609-639, 1993. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.100.4.609>

KRUGLANSKI, Arie. **Lay epistemics and human knowledge**: cognitive and motivational bases. New York: Plenum Press, 1989.

KRUGLANSKI, Arie *et al.* Says who? Epistemic authority effects in social judgment. *In*: ZANA, Mark P. **Advances in experimental social psychology**. London: Elsevier, 2005. p. 345-392.

LIU, Yan *et al.* Two dissociable aspects of feeling-of-knowing: knowing that you know and knowing that you do not know. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 60, n. 5, p. 672-680, 2007. <https://doi.org/10.1080/17470210601184039>

LOYENS, Sofie M. M.; RIKERS, Remy M. J. P. Instruction based on inquiry. *In*: MAYER, Richard E.; ALEXANDER, Patricia A. (ed.). **Handbook of research on learning and instruction**. New York: Routledge Press, 2011. p. 361-381.

MASKILL, Roger; DE JESUS, Helena Pedrosa. Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. **International Journal of Science Education**, London, v. 19, n. 7, p. 781-799, 1997. <https://doi.org/10.1080/0950069970190704>

MERRITT, Joi *et al.* Problem-Based Learning in K–8 mathematics and science education: a literature review. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning**, v. 11, n. 2, p. 5-17, 2017. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1674>

MERTON, Robert K. Three fragments from a sociologist's notebooks: establishing the phenomenon, specified ignorance, and strategic research materials. **Annual Review of Sociology**, v. 13, n. 1, p. 1-29, 1987. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.13.080187.000245>

MINNER, Daphne D.; LEVY, Abigail Jurist; CENTURY, Jeanne. 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**, v. 47, n. 4, p. 474-496, 2010. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

MORGADO, Julia *et al.* Detection of explanation obstacles in scientific texts: the effect of an understanding task versus an experiment task. **Educational Studies**, London, v. 40, n. 2, p. 164-173, 2014. <https://doi.org/10.1080/03055698.2013.866888>

NELSON, Thomas O.; NARENS, Louis. Metamemory: a theoretical framework and new findings. *In*: BOWER, Gordon H. (ed.). **The psychology of learning and motivation, advances in research and theory**. San Diego: Academic Press, 1990. p. 125-173.

OTERO, José; GALLÁSTEGUI, Juan R. Knowledge gaps on objects about which little is known: lack of knowledge leads to questioning on basic levels of an ontological branch. **Learning and Individual Differences**, v. 45, p. 193-198, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.11.009>

PHILLIPS, Anna McLean; WATKINS, Jessica; HAMMER, David. Problematizing as a scientific endeavor. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 2, p. 020107/1-13, 2017. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020107>

PINTRICH, Paul R.; WOLTERS, Christopher A.; BAXTER, Gail P. Assessing metacognition and self-regulated learning. *In*: SCHRAW, Gregory; IMPARA, James C. (org.). **Issues in the measurement of metacognition**. Lincoln: BurosInstitute of Mental Measurement, 2000. p. 43-97.

PROCTOR, Robert. Agnotology. *In*: PROCTOR, Robert; SCHIEBINGER, Londa L. (ed.). **Agnotology: the making and unmaking of ignorance**. Stanford: Stanford University Press, 2008. p. 1-33.

RIGAUT, Matthieu. **L'épreuveécrite de physique au baccalaureat**: analyse du point de vue ducontrat didactique. 2005. 261 p. Tesis (Doctorado) – Didatique de la Phisique, Université Paris VII, Dennis Biderot, Paris, 2005.

ROWELL, Jack A.; POLLARD Judith M. Raising awareness of uncertainty: a useful addendum to courses in the history and philosophy of science for science teachers? **Science & Education**, Zurich, v. 4, n. 1, p. 87-97, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00486592>

SAVERY, John. Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 1, n. 1, p. 9-20, 2006. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>

SCARDAMALIA, Marlene; BEREITER, Carl. Text-based and knowledge-based questioning by children. **Cognition and Instruction**, London, v. 9, n. 3, p. 177-199, 1992. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0903_1

SCHRAW, Gregory; DENNISON, Rayne. Assessing metacognitive awareness. **Contemporary Educational Psychology**, v. 19, n. 4, p. 460-475, 1994. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>

SCHWAB, Joseph J. The teaching of science as inquiry. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 14, n. 9, p. 374-379, 1958. <https://doi.org/10.1080/00963402.1958.11453895>

SMITH, Francis X.; WAS, Christopher A. Knowledge monitoring calibration: individual differences in sensitivity and specificity as predictors of academic achievement. **Educational Sciences**, v. 19, n. 4, p. 80-87, 2019. <http://dx.doi.org/10.12738/estp.2019.4.006>

TOBIAS, Sigmund; EVERSON, Howard T. The importance of knowing what you know: a knowledge monitoring framework for studying metacognition in education. *In*: HACKER, Douglas J.; DUNLOSKY, John; GRAESSER, Arthr C. (ed.). **Handbook of metacognition in education**. New York: Routledge, 2009. p. 107-127. <https://doi.org/10.4324/9780203876428>

VAN UUM, Martina S. J.; VERHOEFF, Roald P.; PEETERS, Marieke. Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. **International Journal of Science Education**, London, v. 38, n. 3, p. 450-469, 2016. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1147660>

VEENMAN, Marcel. Learning to self-monitor and self-regulate. *In*: MAYER, Richard E.; ALEXANDER, Patricia A. (ed.). **Handbook of research on learning and instruction**. New York: Routledge Press, 2011. p. 197-218.

VIENNOT, Laurence. Teaching rituals and students' intellectual satisfaction. **Physics Education**, v. 41, n. 5, p. 400-408, 2006.

WATKINS, Jessica *et al.* Positioning as not-understanding: the value of showing uncertainty for engaging in science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 4, p. 573-599, 2018. <https://doi.org/10.1002/tea.21431>

WEISS, Rennée. Designing problems to promote higher-order thinking. **Directions for Teaching and Learning**, n. 95, p. 25-31, 2003. <https://doi.org/10.1002/tl.109>

WERNER DA ROSA, Cleci; OTERO, José. Influence of source credibility on students' noticing and assessing comprehension obstacles in science texts. **International Journal of Science Education**, London, v. 40, n. 13, p. 1653-1668, 2018. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1501168>

WERNER DA ROSA, Cleci; OTERO, José. **Influence of source expertise on the detection and regulation of comprehension difficulties when reading science texts: failing to understand the world vs. failing to understand the text.** 2021. En preparación.

WILEY, Jennifer *et al.* Source evaluation, comprehension, and learning in internet science inquiry tasks. **American Educational Research Journal**, v. 46, n. 4, p. 1060-1106, 2009. <https://doi.org/10.3102%2F0002831209333183>

YEATON, William H.; SMITH, Dawn; ROGERS, Karen. Evaluating understanding of popular press reports of health research. **Health Education Quarterly**, v. 17, n. 2, p. 223-234, 1990. <https://doi.org/10.1177%2F109019819001700208>

ZION, Michal; COHEN, Smadar; AMIR, Ruth. The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. **Research in Science Education**, v. 37, n. 4, p. 423-447, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9034-5>

ZOHAR, Anat; BARZILAI, Sarit. A review of research on metacognition in science education: Current and future directions. **Studies in Science Education**, London, v. 49, n. 2, p. 121-169, 2013. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>

Recibido en: 20.03.2021

Revisado en: 03.08.2021

Aprobado en: 14.09.2021

Editor responsable: Ivã Gurgel.

José Otero. Doctor en Ciencias. Catedrático y profesor emérito en la Universidad de Alcalá (Madrid, España). Su investigación se ha centrado en la comprensión y el control de la comprensión de textos científicos.

Cleci Werner da Rosa. Doctora en Educación Científica y Tecnológica. Profesora de la Universidad de Passo Fundo (Rio Grande do Sul, Brasil). Docente del programa de posgrado en Enseñanza de Ciencias y Matemáticas y del programa de posgrado en Educación. Investigadora del área de Metacognición en los procesos educativos.