

Preguntas formuladas en educación científica: *un estudio comparativo colombiano-español*

Questions Raised in Science Education: a Colombian-Spanish Comparative Study
Questions formulées en éducation scientifique: une étude comparative colombien-espagnol
Perguntas formuladas em educação científica: um estudo comparativo colombiano-espanhol

Fecha de recepción: 2 DE MARZO DE 2015/Fecha de aceptación: 9 DE MAYO DE 2016/Fecha de disponibilidad en línea: 15 DE DICIEMBRE DE 2016

Encuentre este artículo en <http://magisinvestigacioneducacion.javeriana.edu.co/>



doi: 10.11144/Javeriana.m9-18.pfec

Escrito por TARCILLO TORRES-VALOIS
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
MEDELLÍN, COLOMBIA
tarcilo.torres@udea.edu.co

VICENTE SANJOSÉ-LÓPEZ
UNIVERSIDAD DE VALENCIA
VALENCIA, ESPAÑA
vicente.sanjose@uv.es

Resumen

La formulación de preguntas es un potente recurso para el aprendizaje de las ciencias. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo de la competencia metacognitiva por medio de la formulación de preguntas.

En este estudio se usaron dos dispositivos experimentales de ciencias con un comportamiento inesperado. Se pidió a los participantes realizar preguntas destinadas a comprender su funcionamiento. La evaluación contrastó el desempeño de estudiantes colombianos con estudiantes españoles equivalentes. Los resultados mostraron que los colombianos formulan significativamente más preguntas en general, y más preguntas de alta calidad, que los estudiantes españoles. Se concluyó que estos estudiantes han desarrollado su control de la comprensión de un modo eficaz.

Palabras clave

Comprensión; procesos de aprendizaje; aprendizaje activo

Transferencia a la práctica

Evaluaciones transnacionales como el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes o Informe PISA consideran el reconocimiento y la formulación de preguntas para contestar mediante la ciencia, como una de las destrezas básicas en la alfabetización científica. La formulación de preguntas por los estudiantes es un elemento necesario para el aprendizaje por investigación y un recurso potente para la comprensión de la ciencia (Chin & Osborne, 2008). Además, saber preguntar se asocia con el desarrollo de destrezas metacognitivas cruciales en el éxito académico (Wang, Haertel & Walberg, 1993). Por tanto, enseñar a preguntar trasciende de la educación científica y plantea el desafío educativo de cómo llevarlo a las aulas.

Para citar este artículo / To cite this article / Pour citer cet article / Para citar este artigo

Torres, T. & Sanjosé, V. (2016). Preguntas formuladas en educación científica: un estudio comparativo colombiano-español. *magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 9(18), 209-224. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.m9-18.pfec>

Keywords

Understanding; learning processes; active learning

Abstract

Asking questions is a powerful resource to learn science. The aim of this study was to evaluate the development of metacognitive competencies by asking questions. In this study two experimental devices of science were used with unexpected behavior. Participants were asked to ask questions to understand their operation. The assessment contrasted the performance of Colombian students with equivalent Spanish students. The results showed that Colombians significantly ask more general questions, and more questions of high quality, than Spanish students. We concluded that these students have developed their control of understanding effectively.

Transfer to practice

Transnational evaluations as the Programme for International Student Assessment, or PISA consider the recognition and formulation of questions to be answered by using science as one of the basic scientific literacy skills. Asking questions by students is a necessary element of learning through research and a powerful resource for understanding science (Chin & Osborne, 2008). In addition, knowing how to ask questions is associated with the development of metacognitive skills that are crucial for academic success (Wang, Haertel & Walberg, 1993). Therefore, teaching to ask a question transcends science education and raises an educational challenge of how to bring it to the classroom.

Mots clés

Compréhension; processus d'apprentissage; apprentissage actif

Résumé

La formulation de questions est un puissant moyen pour l'apprentissage des sciences. L'objectif du présent travail était évaluer le développement de la compétence métacognitive au moyen de la formulation de questions. Dans cette étude on a utilisé deux dispositifs expérimentaux de sciences avec un comportement inattendu. On a demandé aux participants de réaliser des questions destinés à comprendre son fonctionnement. L'évaluation a contrasté l'exercice d'étudiants colombiens avec les étudiants espagnols équivalents. Les résultats ont montrés que les colombiens formulent significativement plus questions en général, et plus questions d'haute qualité, que les étudiants espagnols. On conclut que ces étudiants ont développés leur maîtrise de la compréhension d'une mode efficace.

Transfert à la pratique

Evaluations transnationales tel que le Programme International pour l'Evaluation de Etudiants ou rapport PISA considèrent la reconnaissance et la formulation de questions pour répondre au moyen de la science, en tant qu'une des habilités basiques dans l'alphabétisation scientifique. La formulation de questions pour les étudiants est un élément nécessaire pour l'apprentissage par la recherche et un moyen puissant pour la compréhension de la science (Chin & Osborne, 2008). Par ailleurs, savoir poser une question est associé avec le développement d'habilités métacognitives décisives dans le succès académique (Wang, Haertel & Walberg, 1993). Par cause, apprendre à poser des questions va au-delà de l'éducation scientifique et pose le défi éducatif de comment l'emmener aux salles de classe.

Palavras-chave

Entendimento; processos de aprendizagem; aprendizagem ativa

Resumo

A formulação de perguntas é um potente recurso para a aprendizagem das ciências. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento da competência metacognitiva por meio da formulação de perguntas. Neste estudo usaram-se dois dispositivos experimentais de ciências com um comportamento inesperado. Pediu-se aos participantes que formulassem perguntas destinadas a compreender seu funcionamento. A avaliação contrastou o desempenho de estudantes colombianos com estudantes espanhóis equivalentes. Os resultados mostraram que os colombianos formulam significativamente mais perguntas em geral, e com mais alta qualidade que os estudantes espanhóis. Concluiu-se que estes estudantes têm desenvolvido seu controle do entendimento de um modo eficaz.

Transferência à prática

Avaliações multinacionais, como o Programa Internacional para a Avaliação de Estudantes, ou Relatório PISA, reconhecem a formulação de perguntas para responder, no campo da ciência, como uma das destrezas básicas na alfabetização científica. A formulação de perguntas por parte dos estudantes é um elemento necessário para a aprendizagem por pesquisa e um recurso potente para o entendimento da ciência (Chin & Osborne, 2008). Além do mais, saber perguntar associa-se com o desenvolvimento de destrezas metacognitivas cruciais do sucesso acadêmico (Wang, Haertel & Walberg, 1993). Por tanto, ensinar a perguntar ultrapassa a educação científica e propõe o desafio educacional de como trabalhar isto nas salas de aula.

Introducción

Hay un acuerdo entre investigadores del campo de la educación en ciencias respecto a la importancia de las preguntas formuladas por los estudiantes. La formulación de preguntas para propiciar el aprendizaje se convierte en una herramienta fundamental para contribuir a un aprendizaje profundo (Chin & Osborne, 2008). A pesar de este acuerdo tácito, los sistemas educativos en general, atienden al modo en que los aprendices *responden* preguntas, pero no tanto a su competencia para *formular* preguntas interesantes y productivas (Graesser, Rus, Cai & Hu, 2012; Ishiwa, Sanjosé & Otero, 2013).

La capacidad para plantear(se) preguntas sobre el mundo que nos rodea (sea físico o social) es una competencia directamente relacionada con la creatividad y la resolución de problemas. En el caso particular de la Ciencia, todo avance comienza con una buena pregunta, ya que un problema debe ser concebido y planteado antes de poder resolverlo de forma más o menos creativa. La enseñanza de las ciencias por indagación (*inquiry learning*) se basa en la posibilidad de que los estudiantes se acerquen al contexto de la investigación, cuyo primer paso debe ser la formulación de preguntas sobre el comportamiento de la naturaleza (White & Frederiksen, 1998).

El desarrollo de competencias científicas en el sistema educativo colombiano ha mostrado ser un mecanismo de impulso que propicia un aprendizaje profundo y duradero en los sujetos (ICFES, 2013). Las competencias asociadas con la resolución de problemas se consideran de especial importancia en ello. En los estudios internacionales como el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes o Informe PISA (Programme for International Student Assessment, PISA), el desempeño de los estudiantes colombianos parece insuficiente para enfrentar los retos que exigen las sociedades modernas, de forma particular los asociados a la resolución de problemas inesperados, no rutinarios y de contextos poco familiares (OCDE, 2013, p. 145). Esto podría suceder por la incapacidad de estos estudiantes para reconocer problemas nuevos, no rutinarios. La generación o formulación de preguntas sobre la naturaleza es una competencia estrechamente asociada con el reconocimiento de problemas y su definición apropiada, que son competencias evaluadas en estos estudios internacionales.

El objetivo concreto del presente trabajo es evaluar el desarrollo de la competencia de formular buenas preguntas por parte de estudiantes colombianos de educación secundaria, es decir, de la competencia para plantearse problemas o cuestiones cuya solución supondría un avance en el propio conocimiento.

Para poder dar cierta validez a esta evaluación, se comparará el desempeño de alumnos colombianos con el de estudiantes españoles de similares cursos de secundaria. En ausencia de patrones estandarizados, la comparación de resultados entre dos sistemas educativos constituye el modo más fiable de evaluar el desarrollo de esta competencia. La elección de alumnos españoles permite, por un lado, utilizar idénticos protocolos para obtener datos empíricos, debido al idioma común; por otro lado, España es quizás el país europeo cuya cultura es más similar a la de Colombia. El caso de España en los resultados de estudios PISA es también preocupante, ya que se sitúa por debajo de la media de su entorno europeo y los niveles alcanzados por los estudiantes es casi estable desde 2006 hasta nuestros días (OECD, 2014, p. 2).

Descripción del artículo | Article description | Description de l'article | Artigo descrição

Este artículo de investigación se deriva de la tesis doctoral: *Preguntas de los Estudiantes Sobre Dispositivos Experimentales en Distintas Situaciones Didácticas: Génesis y Tipología*. Tomando como base un modelo cognitivo, ejecuta un experimento para evaluar el desarrollo de las habilidades metacognitivas en los estudiantes colombianos de secundaria cuando aprenden ciencias.

Los sistemas educativos de ambos países son similares en el planteamiento del desarrollo curricular en ciencias. La tabla 1 recoge la correspondencia entre ambos países (se han marcado en negrita los cursos en los cuales física y química aparecen como materias específicas con un desarrollo diferenciado de otras ciencias).

Tabla 1
Equivalencia entre cursos en los sistemas educativos colombiano y español

Colombia	España
	2º de bachillerato
11º de educación media	1º de bachillerato¹
10º de educación media	4º de educación secundaria obligatoria, ESO
9º de educación básica secundaria	3º de educación secundaria obligatoria, ESO
8º de educación básica secundaria	2º de educación secundaria obligatoria, ESO
7º de educación básica secundaria	1º de educación secundaria obligatoria, ESO
6º de educación básica secundaria	6º de educación primaria
5º de educación básica primaria	5º de educación primaria
4º de educación básica primaria	4º de educación primaria
3º de educación básica primaria	3º de educación primaria
2º de educación básica primaria	2º de educación primaria
1º de educación básica primaria	1º de educación primaria
Preescolar	Infantil

Fuente: elaboración propia, a partir de documentos oficiales de acceso público

La formulación de preguntas como manifestación de un proceso de regulación metacognitiva

Según el modelo obstáculo-meta, de José Otero (2009), la formulación de una pregunta destinada a obtener información (tipo de pregunta que interesa en el contexto educativo), surge como consecuencia de un proceso interno de detección de un obstáculo de comprensión de la información suministrada al estudiante y de su decisión posterior de superar este obstáculo mediante su definición y verbalización. La fase de detección del obstáculo y la decisión de formular una pregunta se corresponden con el modelo propuesto por Thomas O. Nelson y Louis Narens (1990) para explicar el control de la propia comprensión. Para estos autores, el control de la comprensión se ejecuta en dos fases: *vigilancia* y *control*. Otros autores también diferencian dos etapas que denominan *evaluación* y *regulación de la comprensión* (Baker, 1985; Otero, 1996; Zabrocky & Ratner, 1986, 1989, 1992). La evaluación se refiere a la identificación de un problema en la comprensión de una información, mientras la regulación consiste en el conjunto de acciones que se desarrollan con el fin de solucionar el problema, una vez se ha detectado. Una de esas posibles acciones regulatorias que el sujeto puede realizar es formular preguntas a personas que, probablemente, saben la respuesta.

1 En el sistema educativo español también hay un itinerario alternativo al bachillerato, que son los módulos formativos de nivel medio. Se trata de estudios de orientación profesional práctica, de 2-3 años de duración, tras los cuales se puede acceder (previa prueba de nivel) a módulos de nivel superior (2 cursos). Tras los módulos formativos de nivel superior, es posible acceder a la universidad.

Por tanto, la competencia de formular preguntas está directamente relacionada con el desarrollo de la habilidad metacognitiva de control de la propia comprensión (Ishiwa, Sanjosé & Otero, 2013).

La metacognición (Flavell, 1976, 1979, 1987) se relaciona con el aprendizaje autorregulado en el cual quien aprende es responsable activo y autónomo del control y regulación de sus propios procesos cognitivos. Para ello, el aprendiz fija sus propias metas de aprendizaje, planifica las acciones que debe realizar para conseguirlas, activa y desarrolla las estrategias adecuadas y durante el proceso, evalúa si está avanzando o no hacia la meta pretendida. Hay una asociación significativa entre el éxito en el aprendizaje y la autorregulación (Azevedo, 2005; Azevedo, Guthrie & Seibert, 2004).

Una estrategia del aprendizaje autorregulado es el control de la propia comprensión. El control de la comprensión se refiere a los procesos metacognitivos que permiten tomar conciencia del estado de la comprensión y, a su vez, tomar decisiones que influyan en los procesos cognitivos implicados en la comprensión. El control de la propia comprensión es muy importante para el éxito académico; tanto o más que otros factores instruccionales o socioafectivos. Esta influencia de la autorregulación sobre el aprendizaje está bien estudiada desde hace tiempo (Corno, 1986; Zimmerman, 1990). Margaret C. Wang, Geneva D. Haertel y Herbert J. Walberg (1993) pusieron de manifiesto la relevancia de la metacognición como predictor del aprendizaje en el contexto académico. Realizaron una revisión de 270 trabajos en las áreas de psicología, educación y sociología, para identificar los factores con más influencia sobre el aprendizaje escolar. Consideraron un total de 30 categorías, con análisis de contenido, recopilación de la opinión de expertos mediante encuestas y estudios de metaanálisis. Los resultados de su metaanálisis mostraron que los procesos metacognitivos de los estudiantes ocupan el segundo puesto en importancia; la metacognición se posicionó solo por detrás de la gestión del aula y por delante de los procesos cognitivos o el ambiente en el hogar y el apoyo familiar.

Origen y tipología de las preguntas de los estudiantes en ciencias

En resumen, los mecanismos subyacentes en la generación y formulación de preguntas que buscan información (en adelante, PBI) se asientan en el mecanismo de control de comprensión. Según el modelo obstáculo-meta, de José Otero (2009), el tipo de pregunta que cierto alumno formula en cierto momento, debe depender del tipo de obstáculo que esa persona ha encontrado al intentar comprender. Se ha comprobado que en el caso de la comprensión de información compleja, como la información académica en general, y de ciencias en particular, los obstáculos típicos de comprensión se producen por la imposibilidad de que el aprendiz realice inferencias que necesita, bien para vincular la información con su conocimiento previo, bien para cohesionar partes distintas de la información suministrada (Otero, 2009). Entonces, debería haber una relación entre tipo de pregunta formulada y tipo de inferencia intentada. Esta relación estrecha ha sido probada en los últimos años repetidamente (Sanjosé-López & Torres-Valois, 2014; Sanjosé-López, Torres-Valois & Soto-Lombana, 2013; Torres, Duque, Ishiwa, Sánchez, Solaz-Portolés & Sanjosé, 2012; Torres, Milicic, Soto & Sanjosé, 2013).

De entre las diversas taxonomías sobre inferencias que se han propuesto (Graesser, Singer & Trabasso, 1994; León-Gascón & Pérez, 2003; McKoon & Ratcliff, 1992), nosotros adoptamos en este estudio la propuesta

de Tom Trabasso y Joseph Magliano (1996), que surgió en una investigación sobre comprensión de las narraciones:

- *Asociaciones*, cuando la actividad mental se dedica a conocer mejor las entidades mencionadas, por ejemplo, mediante características y atributos particulares de objetos y hechos.
- *Explicaciones*, cuando el sujeto intenta encontrar la cadena causal que justifica las características particulares de los acontecimientos o de los objetos, o las intenciones de las personas.
- *Predicciones*, cuando la persona que procesa va más allá de lo recogido en el texto y desea adelantar los acontecimientos futuros o las consecuencias posibles en caso de que las circunstancias fueran diferentes a las expuestas explícitamente.

Estas inferencias se corresponden directamente con competencias científicas básicas, como describir en términos apropiados los objetos y fenómenos, explicarlos causalmente y anticipar consecuencias de los hechos, bien en las mismas condiciones, bien en condiciones similares a las explicitadas. Si las PBI formuladas durante el intento de comprensión, proceden de inferencias intentadas y no logradas, los tipos de preguntas realizadas deberían ajustarse a la siguiente taxonomía:

- Q₁. Preguntas destinadas a conocer mejor las entidades (objetos, eventos), sus características o propiedades. Sus expresiones esperables son: "¿Qué es X? ¿Cómo es X? ¿Dónde se produce X? ¿Cuándo se produce X?".
- Q₂. Preguntas dirigidas a justificar por qué los objetos y eventos son como son. Pueden ser preguntas de antecedente causal, de consecuente, o asociadas a objetivos o intenciones humanas. Sus expresiones serían: "¿Por qué X? ¿Cómo es que X...? ¿Para qué X? ¿Qué se pretende con X?".
- Q₃. Preguntas que pretenden anticipar eventos futuros o eventos posibles en circunstancias distintas a las explicitadas. Podrían reconocerse por expresiones como: "¿Qué pasará después? ¿Qué pasaría en caso de que...? Si sucede Y, ¿qué pasaría entonces?".

Esta taxonomía para preguntas ha sido utilizada con éxito antes (Ishiwa, Macías, Maturano & Otero, 2010; Macías & Maturano, 2005; Maturano & Macías, 2004) en estudios sobre preguntas de estudiantes de secundaria en condiciones de lectura de textos y estudio de dibujos-esquemas sobre fenómenos físicos ordinarios, así como con dispositivos experimentales (Sanjosé, Torres & Soto, 2013).

Preguntas sobre dispositivos experimentales en ciencias

Uno de los contextos experimentales más interesantes en los que se han realizado estos estudios es el de los dispositivos experimentales de física y química (Graesser & Olde, 2003; Sanjosé, Torres & Soto, 2013; Torres, Duque, Ishiwa, Sánchez, Solaz-Portolés & Sanjosé, 2012). A diferencia de la lectura de textos sobre dispositivos, cuando los estudiantes se sitúan ante los dispositivos reales, no han de emplear recursos cognitivos para poder elaborar la representación mental del dispositivo o su funcionamiento, sino que los emplean en intentar explicar su funcionamiento o predecirlo. En las situaciones en que los dispositivos reales y su funcionamiento pueden ser visualizados, los obstáculos que encuentren los estudiantes para comprenderlos

producirán, por hipótesis, preguntas destinadas a describir algunas características de los dispositivos, a explicar su funcionamiento, o a conocer qué pasaría si las circunstancias fueran distintas a las mostradas. Por ello, en este trabajo, consideraremos únicamente situaciones en las que los dispositivos pueden ser visualizados en la realidad o, incluso, manipulados a voluntad.

Hipótesis

En relación con nuestro objetivo, las hipótesis que planteamos contrastar se formulan del siguiente modo:

H₁: El distinto nivel académico, asociado con distinto conocimiento previo de los participantes, causará diferencias en la habilidad de formular preguntas destinadas a obtener información con independencia del país que se trate, Colombia o España. Estas diferencias se podrían manifestar en el número total de PBI formuladas, en el número de preguntas descriptivas, explicativas o predictivas. Sin embargo, una vez controladas las variables 'curso académico' y 'condición experimental', no habrá diferencias en la competencia de formular preguntas destinadas a obtener información en ciencias, entre estudiantes colombianos y españoles.

H₂: La condición experimental, visualizar dispositivos sin manipularlos (en un DVD) o bien visualizarlos y manipularlos en la realidad en condiciones de laboratorio escolar (LAB), no interaccionará de forma significativa con el país —Colombia o España— para producir diferencias en el número y distribución de preguntas. Así, la condición DVD y LAB evitan sobrecarga cognitiva para representar los dispositivos; esto se toma en consideración en nuestro estudio comparativo Colombia-España, por si los diferentes modos de enseñar ciencias o la distinta disponibilidad de materiales hicieran que los estudiantes de uno u otro país tuvieran más o menos acceso a visualizar solo, o a visualizar y manipular.

La contrastación de las hipótesis se realizó empíricamente, por medio de un estudio sistemático que utilizó técnicas estadísticas sencillas.

La contundencia en la refutación de las hipótesis anteriores a partir de los datos obtenidos, obligó a formular nuevas hipótesis:

H_{3,1}: Las diferencias entre estudiantes colombianos y españoles observadas en la formulación de preguntas se deben a factores culturales y/o motivacionales.

Es decir, los factores culturales y/o motivacionales impulsarían a los estudiantes colombianos a participar más activamente y ser más locuaces en las

situaciones en que se les requiere interaccionar con el investigador. Si esto fuera así, algunos indicadores deberían aparecer como, por ejemplo, un mayor número de palabras entre los colombianos en los protocolos de recogida de datos, pero sin incremento del número de preguntas de distinta naturaleza formuladas (tipos de pregunta; información subyacente en las preguntas) ni de su calidad, sino únicamente de su número total. Es decir, habría repeticiones en las preguntas formuladas, o más preguntas de baja calidad, o innecesarias.

H_{3,2}: Los estudiantes colombianos formulan un mayor número de preguntas distintas y de calidad que los estudiantes españoles, debido a un mejor desarrollo de sus estrategias metacognitivas (y no a factores culturales).

Si las diferencias culturales y/o motivacionales no pueden explicar las diferencias entre estudiantes colombianos y españoles observadas, entonces habría que aceptar (al menos provisionalmente hasta obtener repeticiones) que son debidas a factores metacognitivos, mejor desarrollados, o mejor puestos en juego (en forma de competencia), por los estudiantes colombianos.

Método

Diseño

Como se ha mencionado antes, se consideraron dos (2) condiciones experimentales que son habituales en las aulas de ciencias: visualizar el funcionamiento de los dispositivos en un DVD (condición DVD, en lo sucesivo), y manipular los dispositivos en el laboratorio (condición LAB, en adelante). El otro factor, más relacionado con las hipótesis, es la nacionalidad de los participantes: colombiana o española. Debido a las pequeñas diferencias en el desarrollo curricular entre Colombia y España, el curso académico se halla asociado en esta investigación con el país. En España, participaron estudiantes de 10^o y 12^o grado, mientras en Colombia participaron estudiantes del último curso antes de la universidad, 11^o grado. De ese modo, la muestra de alumnos colombianos pudo ser comparada con un curso inferior y uno superior en el sistema educativo español.

Las variables dependientes fueron la cantidad de distintos tipos de preguntas formuladas por los participantes.

Muestra

Dos grupos participaron en esta investigación. La primera muestra estuvo conformada por estudiantes españoles, 27 de 10^o grado (4^o ESO en España) y 35 de 12^o grado (2^o de bachillerato en España),

pertenecientes a dos grupos intactos de un centro educativo mixto de secundaria en una gran ciudad española, capital de provincia. La segunda muestra la conformaron 66 estudiantes colombianos de 11° grado, de dos grupos intactos de una prestigiosa institución educativa mixta en una gran ciudad, capital de provincia. Todos los participantes escogieron física y química como una materia opcional en el curso de este estudio.

En cada grupo natural, las dos condiciones experimentales consideradas (DVD y LAB) se repartieron al azar, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Distribución de los participantes de ambas muestras en las condiciones experimentales

Curso (país)	Condición experimental		Total
	DVD	LAB	
10° grado (4° ESO España)	14	13	27
11° grado (Colombia)	30	36	66
12° grado (2° bach España)	17	18	35
Total	61	67	128

Fuente: elaboración propia

Materiales

En el estudio se utilizaron dos dispositivos experimentales que tienen la cualidad de provocar perplejidad por su comportamiento contrario a lo esperado. Según James T. Dillon (1990), la perplejidad es una de las causas de preguntas. Los dispositivos utilizados en ambos experimentos fueron los siguientes: un doble cono y un diablillo cartesiano (o ludión).

Procedimiento

El experimento fue presentado como una tarea educativa que brindaba la oportunidad para aprender, pero la participación fue voluntaria.

A lo largo del experimento se respetó un protocolo ético y el anonimato fue preservado.

En la condición de visualización, el funcionamiento de los dispositivos fue grabado en un DVD. Uno de los investigadores hizo funcionar los dispositivos mientras proporcionaba información verbal. La grabación de vídeo fue hecha por un experto en tecnología audiovisual con una cámara profesional. Se grabaron varias tomas o planos desde diferentes perspectivas para facilitar la visualización del funcionamiento de los dispositivos. La película duró 9:45 minutos. En la condición LAB, los dos dispositivos se pusieron físicamente en un lugar adecuado en el laboratorio escolar. Uno de los investigadores los hizo funcionar consecutivamente y luego invitó al estudiante a hacer lo mismo y después a manipularlos libremente.

Los estudiantes fueron animados a formular las preguntas que necesitaran para comprender el funcionamiento de los dispositivos. Para provocar las preguntas de los estudiantes se siguió un procedimiento muy determinado. En primer lugar, los dispositivos fueron seleccionados debido a su funcionamiento sorprendente e inesperado, por lo que podían estimular las preguntas, de acuerdo con James T. Dillon (1990). En segundo lugar, se trató de evitar los obstáculos conocidos para la generación de preguntas: a) las barreras sociales por timidez fueron eliminadas debido a que los estudiantes no formulaban preguntas en voz alta delante de otros estudiantes, b) la formulación de preguntas fue premiada con un pequeño

incremento en la calificación, de acuerdo a su desempeño en la tarea propuesta.

Para evitar preguntas espurias (es decir, preguntas no necesarias para la comprensión), los investigadores trataron de proporcionar a los estudiantes un modelo mental de trabajo (Llorens & Cerdán, 2012), diferente del modelo mental *cuantas más preguntas formuladas mejor*.

Para ello: a) los participantes fueron instruidos para comprender el funcionamiento de los dispositivos, ya que iban a ser evaluados en una segunda sesión; b) en esa segunda sesión, cada participante explicaría los dispositivos a otro estudiante (no participante) y la calidad de la explicación sería evaluada; c) se entregarían a los estudiantes las respuestas a sus preguntas antes de la segunda sesión, para que los participantes dieran mejores explicaciones.

Al final de la primera sesión se informó a los estudiantes que no se realizaría una segunda sesión.

El procedimiento en la condición DVD, uno de los investigadores leyó las instrucciones en voz alta y aclaró las dudas de los estudiantes sobre el procedimiento. La administración fue grupal en el aula y los estudiantes tenían que escribir sus preguntas en una hoja en blanco. Los estudiantes visualizaron el DVD dos veces en una pantalla grande (unos 20 minutos). La segunda vez, el orden de los dispositivos mostrados se invirtió. Ellos escribieron sus preguntas a su propio ritmo durante y después de la visualización del DVD. En esta condición, la mayoría de los participantes empleó cerca de 35 minutos para completar la tarea.

En la condición LAB, la administración fue individual y tuvo lugar en el laboratorio. Las sesiones de laboratorio se grabaron en formato digital con el permiso de adultos padres y de estudiantes para su posterior análisis. Uno de los investigadores explicó el experimento, repartió las instrucciones y las leyó en voz alta con cada estudiante. Después de aclarar las dudas, uno de los investigadores puso en funcionamiento el primer dispositivo. Al mismo tiempo, también se proporcionó información verbal a cada estudiante que era la misma que la contenida en los textos utilizados en la condición DVD. A continuación, se animó a cada alumno a manipular el dispositivo por sí mismo. El investigador puso en funcionamiento el segundo dispositivo siguiendo el mismo procedimiento. El orden en el funcionamiento de los dispositivos fue contrabalanceado. La explicación y las instrucciones supusieron alrededor de 10 minutos y la manipulación de los dispositivos entre 10-20 minutos por sujeto, de uno en uno. Solamente un estudiante necesitó más de 20 minutos para realizar la tarea.

En la condición de laboratorio, los estudiantes formularon sus preguntas en voz alta, pero el investigador no las respondió. Si las respuestas hubieran sido

proporcionadas, cada una podría añadir nueva información a los conocimientos previos de los estudiantes.

En ese caso, las diferentes condiciones consideradas en este estudio podrían no ser comparables. En un momento posterior al experimento, al final de las sesiones experimentales, los investigadores explicaron el funcionamiento de los dispositivos a los estudiantes y respondieron todas sus preguntas.

Medidas

Se consideraron dos (2) variables independientes o factores: *Curso* (10° España/11° Colombia/12° España) y *Condición experimental* (DVD/LAB). Las variables dependientes fueron la cantidad de preguntas de cada tipo: preguntas asociativas (Q_1), preguntas explicativas (Q_2) y preguntas predictivas (Q_3); cantidad total de preguntas (Q_{tot}) y cantidad de preguntas con contenido científico explícito (Q_{sci}). Se consideró cualquier término científico, incluyendo términos usuales como *velocidad* o *presión* siempre que se incluyeron en frases con sentido en este contexto.

Las preguntas formuladas para aclarar las instrucciones o el procedimiento fueron clasificadas como preguntas procedimentales y representaron un porcentaje cercano al 1% del total. Este tipo de preguntas fue descartado, porque nuestro interés se centró en las preguntas dirigidas a comprender los fenómenos científicos y no en las dirigidas a los procedimientos de manipulación (solo presentes en la condición LAB).

En este estudio, dos expertos (uno de ellos no perteneciente al equipo de investigación) clasificaron de forma independiente el número total de preguntas formuladas. Algunas dificultades aparecieron a la hora de diferenciar las preguntas causales hacia atrás (Q_2) de las preguntas de predicción (Q_3) de tipo hipotético-deductivo pues involucran factores causales. La discusión posterior no solucionó estas ambigüedades. Por tanto, se usó un nuevo criterio: se decidió clasificar como Q_3 solamente las preguntas que mencionaran nuevos elementos o cambios concretos en la configuración de los dispositivos de una manera explícita. Por ejemplo, la pregunta "¿el líquido en la botella es necesariamente agua o puede ser leche o aceite?" fue clasificada como Q_3 , porque menciona elementos nuevos o modificaciones que no están presentes en los dispositivos, como *leche* y *aceite*. Por ello, esta pregunta fue interpretada como equivalente a "¿qué pasaría si el líquido de la botella fuera leche o aceite?", porque los nuevos elementos sugieren que el estudiante está tratando de ir más allá del funcionamiento observado del dispositivo.

Sin embargo, la pregunta "¿el líquido en la botella tiene que ser agua?" fue clasificada como Q_2 , ya que no menciona ningún elemento nuevo o cambios explícitos. En este caso, el significado de la pregunta

fue considerado como equivalente a “¿por qué el líquido en la botella tiene que ser agua?”. Este nuevo criterio provocó un incremento del acuerdo interjueces, que resultó en un índice *kappa* de 0.72 (acuerdo sustancial).

Resultados y discusión

Análisis 1

La tabla 3 muestra los promedios por estudiante y las desviaciones típicas para los totales de PBI formuladas (Q_{tot}), y para cada tipo de pregunta según la taxonomía asumida (descriptivas, Q_1 ; explicativas, Q_2 e hipotético-predictiva, Q_3). También se muestran los promedios de preguntas de cualquier tipo que en su formulación contuvieran al menos un término científico (Q_{sci}).

Tabla 3

Promedios por estudiante (y desviaciones típicas) de preguntas formuladas destinadas a obtener información

Curso (país)	Condición	Q_1	Q_2	Q_3	Q_{tot}	Q_{sci}	
10° grado (4° ESO España)	DVD	Media	0.43	3.21	0.29	3.93	1.79
		Desviación típica	0.76	1.25	0.61	1.21	1.31
	LAB	Media	1.62	2.77	1.31	5.69	1.54
		Desviación típica	1.80	1.64	1.97	4.11	1.20
	Total	Media	1.00	3.00	0.78	4.78	1.67
		Desviación típica	1.47	1.44	1.50	3.06	1.24
11° grado (Colombia)	DVD	Media	1.37	5.73	3.30	10.40	2.03
		Desviación típica	1.47	2.49	1.70	3.43	1.56
	LAB	Media	1.94	7.64	3.44	13.03	4.03
		Desviación típica	1.51	2.93	2.38	3.13	2.65
	Total	Media	1.68	6.77	3.38	11.83	3.12
		Desviación típica	1.51	2.88	2.09	3.50	2.42
12° grado (2°Bach España)	DVD	Media	0.88	3.00	2.18	6.06	1.88
		Desviación típica	1.11	2.40	2.21	3.65	1.32
	LAB	Media	1.39	3.83	2.06	7.28	2.39
		Desviación típica	1.04	2.04	1.73	2.22	1.54
	Total	Media	1.14	3.43	2.11	6.69	2.14
		Desviación típica	1.09	2.23	1.95	3.02	1.44
Total	DVD	Media	1.02	4.39	2.30	7.70	1.93
		Desviación típica	1.28	2.58	2.06	4.16	1.42
	LAB	Media	1.73	5.67	2.66	10.06	3.10
		Desviación típica	1.46	3.29	2.30	4.50	2.38
	Total	Media	1.39	5.06	2.48	8.94	2.55
		Desviación típica	1.42	3.03	2.19	4.48	2.06

Fuente: elaboración propia

Distintos ANOVA fueron realizados para contrastar las hipótesis. La tabla 4 recoge los datos estadísticos más importantes.

Tabla 4
Datos estadísticos procedentes de ANOVA para ambos factores y su interacción

	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q _{tot}	Q _{sci}
Curso (10 ^o , 11 ^o , 12 ^o)					
F(2,122)	2.820	33.555	17.494	57.998	6.048
p	0.063	<0.001	<0.001	<0.001	0.003
H ²		0.36	0.22	0.49	0.09
P		1.0	1.0	1.0	0.88
Condición experimental (DVD, LAB)					
F(1,122)	8.545	2.851	<1	9.862	4.518
p	0.004	0.094		0.002	0.036
H ²	0.07			0.08	0.04
P	0.83			0.88	0.56
Interacción (Curso x Condición experimental)					
F(2,122)	<1	2.397	<1	<1	4.090
p		0.095			0.019
H ²					0.06
P					0.72

Fuente: elaboración propia

El factor *Curso* mostró efectos significativos para todos los tipos de pregunta (salvo Q₁, descriptivas, cuyo valor quedó cerca del límite admitido) y también para su número total. La asociación entre *curso* y *nación* en nuestro diseño, y la significación encontrada en el efecto principal del factor *Curso* merecieron un estudio adicional. Se realizaron sendas pruebas *post hoc* usando el test de Scheffé para estudiar la procedencia de las diferencias entre cursos. La tabla 5 muestra los valores de la significación (*p*) para las comparaciones entre pares de cursos.

Tabla 5
Significación de los contrastes *post hoc* con el test de Scheffé para la comparación entre pares de cursos

Scheffé-sig (p)	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q _{tot}	Q _{sci}
11 ^o Col-10 ^o Esp	0.096	<0.001	<0.001	<0.001	0.004
11 ^o Col-12 ^o Esp	0.173	<0.001	0.010	<0.001	0.046
10 ^o Esp-12 ^o Esp	0.920	0.783	0.031	0.064	0.609

Fuente: elaboración propia

Como puede verse en las tablas 3 y 5, no hay diferencias significativas entre los cursos 10^o y 12^o españoles (salvo en las preguntas predictivas) y, sin embargo, sí las hay entre 11^o curso (colombiano) y ambos cursos españoles salvo en preguntas descriptivas. En particular, los alumnos colombianos de 11^o curso formularon una cantidad significativamente mayor de preguntas causales, de preguntas totales y de preguntas que incluyen términos científicos que los alumnos españoles, sean estos de 10^o curso, o sean de 12^o curso.

Este resultado no apoya la hipótesis H_1 , ya que el mayor número de preguntas formuladas por los estudiantes colombianos (recordemos, en un curso intermedio entre los dos cursos de la muestra española) apunta más bien a un efecto asociado con la distinta formación recibida por los estudiantes en uno u otro país. Ello será estudiado a continuación en el Análisis 2.

En cuanto a la contrastación de la hipótesis H_2 , como puede verse en la tabla 4, las diferencias entre condiciones experimentales aparecieron en las preguntas descriptivas, Q_1 , y en las preguntas totales, Q_{tot} , así como en el número de preguntas que incluyen términos científicos, Q_{sci} . No aparecieron diferencias entre condiciones en las preguntas que implican causalidad, bien hacia atrás (Q_2 , buscando razones del suceso), bien hacia delante (Q_3 , buscando consecuencias hipotéticas).

Más importante para el propósito principal de este estudio, las diferencias entre condiciones no fueron distintas en los diferentes cursos (anidados con el país, Colombia o España), ya que las interacciones no fueron significativas, salvo en el caso de Q_{sci} . Como se ve en la tabla 3, en este tipo de preguntas el tamaño del efecto de interacción entre los factores *Curso* y *Condición experimental* fue pequeño ($\eta^2 = 0.06$) y la potencia estadística insuficiente ($P = 0.72 < 0.80$). En el caso de Q_{sci} (preguntas que incluyen términos científicos), la condición LAB estimuló especialmente a los alumnos colombianos de 11º curso, en comparación con la condición DVD (ver tabla 2).

Estos resultados parecen apoyar la hipótesis H_2 , salvo en el caso de las preguntas Q_{sci} en las que un estudio adicional sería necesario para obtener fiabilidad suficiente.

Análisis 2

Para contrastar $H_{3.1}$ se atendió al número de palabras expresadas por los participantes durante las sesiones de toma de datos, y a la relación entre esto y el número de preguntas distintas (con diferente contenido para su respuesta) formuladas.

En primer lugar, se eliminaron las preguntas repetidas o no dirigidas a buscar información para comprender los dispositivos (por ejemplo, preguntas sobre el procedimiento o sobre las instrucciones de la sesión). La cantidad promedio por sujeto de palabras en total pronunciadas en el grupo de colombianos durante la sesión ($M_{col} = 1657.8$) fue mucho mayor que la cantidad promedio del grupo de españoles ($M_{esp} = 596.7$), y hubo significación ($F(1.126) = 1480.526$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.92$; $P = 1.0$). No hubo efecto significativo de la condición experimental ($p > 0.50$). Este resultado sugiere que los

estudiantes colombianos expresan sus pensamientos de un modo más prolijo, o son proclives a utilizar mayor elocuencia para expresarse cuando se les requiere para ello, en comparación con los españoles. Tal elocuencia puede ser debida a patrones culturales y costumbres, o a una mayor motivación hacia la tarea que se les solicitaba. Sin embargo, todo ello podría no tener ningún impacto en su capacidad para preguntar. Para analizar ese posible impacto, se correlacionó el número total de palabras y el número total de preguntas distintas. El coeficiente de Pearson fue alto (respecto de los valores habituales en educación) y significativo ($r = 0.67$; $p < 0.01$). Es decir, el mayor número de palabras se correspondió también con un mayor número de preguntas de los estudiantes colombianos.

A continuación, se procedió a calcular el número de palabras necesarias para formular una pregunta destinada a buscar información (promedio num-palabras/ Q_{tot}). Luego se tomó este promedio para estudiar diferencias entre estudiantes colombianos y españoles. No hubo diferencias significativas entre colombianos y españoles ($F(1.126) = 1.886$; $p = 0.172$), lo que contribuye a refutar $H_{3.1}$ como explicación posible de las diferencias encontradas entre ambos países de procedencia de la muestra. Los datos no apoyan la idea de que sean los factores motivacionales y/o culturales la causa del mayor número de PBI formuladas por los estudiantes de secundaria de Colombia: a pesar de que estos emplearon claramente un mayor número de palabras en sus protocolos, ello se debió a que también formularon un mayor número de preguntas.

Para contrastar $H_{3.2}$, se definió un criterio para calificar la calidad de cada pregunta formulada por los participantes. El criterio diferenció únicamente dos niveles: preguntas de alta calidad y resto de preguntas de calidad más baja. Se consideraron preguntas de alta calidad aquellas que contienen dos o más términos científicos relacionados entre sí en una idea, una ley o un principio de la física mencionados en el intento de avanzar en la explicación del funcionamiento de los dispositivos. Por ejemplo, "¿Sube por la energía cinética que va adquiriendo con la velocidad?", o "¿Sube porque la posición del centro de masa disminuye y aumenta la energía cinética?", "¿Qué pasaría si la fuerza de rozamiento fuera mayor?, ¿subiría con tanta velocidad?". Es decir, las preguntas de alta calidad tienen el objetivo de comprender algún fenómeno físico que se alude, mientras las de baja calidad piden información inespecífica, genérica, aludiendo a los hechos observados como eventos pero no como fenómenos de la física. Por ejemplo, "¿de qué tamaño debe ser la plastilina?", o "¿de qué material está hecho el doble cono?", "¿qué pasaría si en vez de agua fuese aceite?, ¿pasaría lo mismo?".

Dos evaluadores independientes se pusieron de acuerdo sobre el criterio y su aplicación hasta resolver discrepancias y alcanzar un buen acuerdo ($\kappa = 0.81$).

Se realizó un estudio tomando el número de preguntas de alta calidad como variable dependiente. Dada la exigencia para considerar una pregunta de alta calidad, los promedios fueron bajos: los colombianos formularon más preguntas de alta calidad (2.45 preguntas/sujeto) que los españoles (1.07 preguntas/sujeto), y esas diferencias fueron significativas con tamaño del efecto grande y potencia alta ($F(1.126) = 26.205$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.17$, $P = 1.0$).

Para completar el estudio, se computó en cada sujeto el número de preguntas con errores científicos explícitos. El promedio fue muy bajo en ambos grupos y, a pesar de que el promedio entre los colombianos (0.29 preguntas erróneas/sujeto) fue menor que entre los españoles (0.47 preguntas erróneas/sujeto), no hubo significación en esas diferencias ($p = 0.12$).

Estos datos parecen apoyar la hipótesis $H_{3,2}$ en los límites de este estudio.

Conclusiones

Dado que los datos refutaron H_1 y $H_{3,1}$ se, y apoyaron H_2 y $H_{3,2}$, se puede decir que los participantes colombianos de secundaria controlaron su comprensión de un modo más eficaz que los españoles con independencia de la condición experimental a la que fueron asignados, DVD o LAB, y formularon mayor número de preguntas de todo tipo dirigidas a obtener información necesaria para comprender los dispositivos científicos mostrados. Además, los estudiantes colombianos formularon un mayor número de preguntas de alta calidad que los españoles. El mayor número de palabras pronunciadas por los estudiantes colombianos durante la sesión experimental se correlacionó significativamente con un mayor número de preguntas diferentes y dirigidas a obtener información. Todo ello considerado conjuntamente parece descartar un efecto de las diferencias culturales o motivacionales sobre el mayor número de preguntas. Por tanto, los datos obtenidos en este estudio exploratorio parecen apoyar que el desarrollo metacognitivo en ciencias de los estudiantes colombianos está a la altura de los estudiantes españoles o, incluso, es superior.

Tal como se ha anotado en la introducción, la formulación de preguntas se considera una herramienta potente para propiciar el aprendizaje científico, en especial cuando se orienta hacia la indagación o investigación de los estudiantes. Estudios transnacionales de evaluación de competencias científicas, como PISA, han mostrado deficiencias preocupantes del sistema educativo colombiano. Estas deficiencias se asocian no solo con conocimientos almacenados en la memoria de los alumnos, sino también con el desarrollo de destrezas cognitivas y metacognitivas que se implican en estrategias de análisis de situaciones y resolución de problemas que suponen el uso de aquel conocimiento. Este es el caso de algunas tareas importantes en la formación científica de los estudiantes de secundaria: *reconocer y plantear* preguntas cuya respuesta requiere el conocimiento de la ciencia son algunas de esas capacidades científicas asociadas al desarrollo de la metacognición. El sistema educativo de Colombia parece estar desarrollando tal destreza de un modo más eficiente que España, el país europeo más similar en cultura y fundamentos del sistema educativo.

Al igual que otros trabajos precedentes (Costa, Caldeira, Gallástegui & Otero, 2000), los resultados provisionales obtenidos en este estudio han

mostrado que, en la medida en que se dé la oportunidad de preguntar a nuestros estudiantes, estos pueden formular un número considerable de preguntas. Muchas de ellas se pueden aprovechar didácticamente para mejorar su comprensión de fenómenos mediante indagación para darles respuesta.

La presente investigación, convenientemente replicada y con mayor validez externa, podría ser útil para animar a los profesores de ciencias a desarrollar propuestas didácticas que estimulen las preguntas de los estudiantes. Este sería el punto de partida sólido de todo aprendizaje activo y constructivo basado en la indagación, en el que la autorregulación es un factor indispensable.

Como todo estudio científico, el presente adolece de ciertas limitaciones que es preciso tener en cuenta. El deseo de profundizar en el conocimiento de los mecanismos cognitivos y metacognitivos que originan las preguntas ha supuesto una simplificación de las situaciones educativas naturales que han sido sustituidas por situaciones controladas o 'de laboratorio'. Por tanto, no han sido considerados los factores sociales y de gestión educativa en el aprendizaje formal, presentes en condiciones naturales, con la consiguiente pérdida de información. También se debe tener precaución con la generalización de los resultados, dada la limitación de las muestras. Tampoco se han considerado ciertos aspectos epistemológicos, por ejemplo, los modos en que las preguntas se relacionan y/o podrían ayudar a construir el conocimiento, o los modos en que se ha tratado de responder ciertas preguntas a lo largo de la historia de la ciencia.

Aunque en esta investigación se ha dado cumplimiento razonable a los objetivos planteados, encontramos un conjunto de aspectos que merecen más atención y profundización en el futuro inmediato. En particular, en nuestra investigación se ha vislumbrado que la competencia científica para modelizar la realidad a partir de la ciencia, es decir, activar esquemas científicos para describir, comprender y predecir la realidad, presenta un desarrollo escaso tras la instrucción. Ello amerita una investigación sobre los problemas asociados con dificultades en la aplicación de modelos científicos para describir, explicar y predecir fenómenos. También sería de interés realizar estudios comparativos adicionales con otros sistemas educativos europeos y/o americanos, para situar el sistema colombiano en el contexto internacional de un modo más preciso y, al mismo tiempo, obtener información de aquellos sistemas que parecen más efectivos en el desarrollo de las destrezas metacognitivas en sus estudiantes. En tercer lugar, pero en un lugar destacado, este y otros estudios sobre formulación de preguntas aconsejan avanzar en los aspectos instruccionales específicos: analizar modos de instruir a los estudiantes

de distintos niveles en la formulación de buenas preguntas sobre el mundo natural, cuya respuesta exige el uso de los conceptos, principios, leyes y procedimientos propios de la ciencia. Dada la prolongada desconsideración de esta importante destreza metacognitiva en los currículos, esta empresa no parece sencilla.

Sobre los autores

Tarcilo Torres-Valois es licenciado en matemáticas y física, Universidad de Antioquia. Doctor en investigación en didáctica de las ciencias experimentales, Universidad de Valencia. En la actualidad, es profesor y coordinador de la licenciatura en matemáticas y física, Universidad de Antioquia.

Vicente Sanjosé-López es doctor en física y profesor titular universitario de didáctica de las ciencias experimentales. Sus líneas de investigación actuales incluyen: a) modelos cognitivos en resolución de problemas y en comprensión de la ciencia; b) formación de profesores de ciencias.

Referencias

- Azevedo, R. (2005). Computer Environments as Metacognitive Tools for Enhancing Learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 193-197. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/220041057_Computers_as_metacognitive_tools_for_enhancing_learning_Educational_Psychologist_404_193-197
- Azevedo, R.; Guthrie, J. T. & Seibert, D. (2004). The Role of Self-Regulated Learning in Fostering Students' Conceptual Understanding of Complex Systems with Hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 30(1/2), 87-111.
- Baker, L. (1985). How Do We Know When We Don't Understand? Standards for Evaluating Text Comprehension. En Donna-Lynn Forrest-Pressley, Gordon E. MacKinnon, Thomas Gary Waller (eds.). *Metacognition, Cognition and Human Performance*, 155-205. New York: Academic Press.
- Chin, C. & Osborne, J. (2008). Students' Questions: A Potential Resource for Teaching and Learning Science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03057260701828101>
- Corno, L. (1986). The Metacognitive Control Components of self-Regulated Learning. *Contemporary Educational Psychology*, 11(4), 333-346.
- Costa, J.; Caldeira, H.; Gallástegui, J. R. & Otero, J. (2000). An Analysis of Question Asking on Scientific Texts Explaining Natural Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 602-614.

- Dillon, J. T. (1990). *The Practice of Questioning*. New York: Routledge.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive Aspects of Problem Solving. En Lauren B. Resnick (ed.). *The Nature of Intelligence*, 231-236. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive Developmental Inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Flavell, J. H. (1987). Speculation about the Nature and Development of Metacognition. En Franz E. Weinert & Rainer H. Kluwe (eds.). *Metacognition, Motivation and Understanding*, 21-30. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Graesser, A. C. & Olde, B. A. (2003). 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*, 95(3), 524-536. Recuperado de <http://www2.fiu.edu/~moseleyb/EDP6211/Questioning%20and%20comprehension.pdf>
- Graesser, A. C.; Rus, V.; Cai, Z. & Hu, X. (2012). Question Answering and Asking. En Philip M. McCarthy & Chutima Boonthum-Denecke (eds.). *Applied Natural Language Processing and Content Analysis: Identification, Investigation and Resolution*, 1-16. Hershey, Pennsylvania: IGI Global.
- Graesser, A.; Singer, M. & Trabasso, T. (1994). Constructing Inferences during Text Comprehension. *Psychological Review*, 101(3), 371-395. Recuperado de [https://www.macalester.edu/academics/psychology/rali-lab/articles/Graesser,%20Singer,%20&%20Trabasso%20\(1994\)%20Constructing%20inferences%20during%20narrative%20text%20comprehension.pdf](https://www.macalester.edu/academics/psychology/rali-lab/articles/Graesser,%20Singer,%20&%20Trabasso%20(1994)%20Constructing%20inferences%20during%20narrative%20text%20comprehension.pdf)
- Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES (2013). *Colombia en PISA 2012. Informe nacional de resultados. Resumen ejecutivo*. Bogotá: ICFES. Recuperado de <http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2304/2/BeltranCastroArietaCecilia2015.JPG.pdf>
- Ishiwa, K.; Macías, A.; Maturano, C. & Otero, J. (2010). *Generation of Information-Seeking Questions When Reading Science Texts for Understanding*. Manuscrito pendiente de revisión.
- Ishiwa, K.; Sanjosé, V. & 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(3), 502-520. DOI: 10.1111/j.2044-8279.2012.02079.x
- León-Gascón, J. A. & Pérez, O. (2003). Taxonomías y tipos de inferencias. En José Antonio León-Gascón (ed.). *Conocimiento y discurso: claves para inferir y comprender*, 45-65. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Llorens, A. C. & Cerdán, R. (2012). Assessing the Comprehension of Questions in Task-Oriented Reading. *Revista de Psicodidáctica*, 17(2), 233-251. Recuperado de www.ehu.es/ojs/index.php/psicodidactica/article/download/4496/5945. DOI: 10.1387/Rev.Psicodidact.4496
- Macías, A. & 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 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias, número extra, VII Congreso*. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRA413repmen.pdf
- Maturano, C. & Macías, A. (2004). *Las preguntas formuladas por los alumnos muestran la falta de comprensión cuando leen textos de física*. VII Simposio de Investigadores en Educación en Física, Santa Rosa, La Pampa, Argentina, 7 al 9 de octubre de 2004.
- McKoon, G. & Ratcliff, R. (1992). Inference during Reading. *Psychological Review*, 99(3), 440-466.
- Nelson, T. O. & Narens, L. (1990). Metamemory: A Theoretical Framework and New Findings. En Gordon H. Bower (ed.). *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Volume 26, 125-173. New York: Academic Press. Recuperado de http://www.imbs.uci.edu/~lnarens/1990/Nelson&Narens_Book_Chapter_1990.pdf
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2013). *PISA 2012 Results: What Makes Schools Successful? Resources, Policies and Practices*, Volume IV. Paris: OECD Publishing. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-volume-IV.pdf>. DOI: 10.1787/9789264091559-en
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, Volume I, Revised edition, February 2014, PISA. Paris: OECD Publishing. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-volume-I.pdf>. DOI: 10.1787/9789264201118-en
- Otero, J. (1996). Components of Comprehension Monitoring in the Acquisition of Knowledge from Science Texts. En Kathleen M. Fisher & Michael R. Kibby (eds.). *Knowledge Acquisition, Organization and Use in Biology*, 36-43. Berlin: NATO-Springer Verlag.

- Otero, J. (2009). Question Generation and Anomaly Detection in Texts. En Douglas J. Hacker, John Dunlosky & Arthur C. Graesser (eds.). *Handbook of Metacognition in Education*, 47-58. New York: Routledge.
- Sanjosé-López, V. & Torres-Valois, 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), 357-368. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revPsycho/article/viewFile/3969/7083>. DOI: 10.11144/Javeriana.UPSY13-1.gpin.
- Sanjosé-López, V.; Torres-Valois, T. & Soto-Lombana, C. (2013). Effects of Scientific Information Format on the Comprehension Self-Monitoring Processes: Question Generation. *Revista de Psicodidáctica*, 18(2), 293-311. Recuperado de www.ehu.es/ojs/index.php/psicodidactica/article/download/4623/6340. DOI: 10.1387/RevPsicodidact.4623
- Torres, T.; Duque, J. K.; Ishiwa, K.; Sánchez, G.; Solaz-Portolés, J. J. & Sanjosé-López, V. (2012). Preguntas de los estudiantes de Educación Secundaria ante dispositivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 049-060. Recuperado de <http://mobiroderic.uv.es/bitstream/handle/10550/42619/088627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, T.; Milicic, B.; Soto, C. & Sanjosé, V. (2013). Generating Students' Information Seeking Questions in the scholar Lab: What Benefits Can We Expect from Inquiry Teaching Approaches? *Eurasia Journal of Mathematics, Science Technology Education*, 9(3), 259-272. Recuperado de <http://www.iserjournals.com/journals/eurasia/vol/9/issue/3>. DOI: 10.12973/eurasia.2013.934a.
- Trabasso, T. & Magliano, J. P. (1996). Conscious Understanding during Comprehension. *Discourse Processes*, 21(3), 255-287.
- Wang, M. C.; Haertel, G. D. & Walberg, H. J. (1993). Toward a Knowledge Base for School Learning. *Review of Educational Research*, 63(3), 249-294. Recuperado de <https://rudai2010.wikispaces.com/file/view/Wang,+Haertel,+Walberg,+1993.pdf>
- White, B. & Frederiksen, J. (1998). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
- Zabucky, K. & Ratner, H. H. (1986). Children's Comprehension Monitoring and Recall of Inconsistent Stories. *Child Development*, 57(6), 1401-1418.
- Zabucky, K. & Ratner, H. H. (1989). Effects of Reading Ability on Children's Comprehension Evaluation and Regulation. *Journal of Reading Behavior*, 21(1), 69-83. Recuperado de <http://jlr.sagepub.com/content/21/1/69.full.pdf>
- Zabucky, K. & Ratner, H. H. (1992). Effects of Passage Type on Comprehension Monitoring and Recall in Good and Poor Readers. *Journal of Reading Behavior*, 24(3), 373-391. Recuperado de <http://jlr.sagepub.com/content/24/3/373.full.pdf>
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17. Recuperado de http://www.unco.edu/cebs/psychology/kevinpugh/motivation_project/resources/zimmerman90.pdf