

LAS PREGUNTAS DE LOS ALUMNOS: UNA PROPUESTA DE ANÁLISIS

A PROPOSAL AND ANALYSIS OF STUDENTS QUESTIONS

Montserrat Roca Tort
montserrat.roca.tort@uab.cat

Conxita Márquez
conxita.marquez@uab.cat

Neus Sanmartí
neus.sanmarti@uab.cat
Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona.

RESUMEN: En este artículo se presenta una propuesta de análisis de las preguntas de los alumnos que parte de la distinción entre presupuesto y demanda establecida por Graesser, Mc Mahen y Johnson (1994). El presupuesto se analiza en relación con los contenidos sobre los que se pregunta y la demanda en relación con los componentes de la explicación científica (Pickett, Kolasa y Jones, 1994). Este análisis se aplica a las preguntas planteadas por los alumnos de primer ciclo de la ESO (12-14 años) en dos actividades sobre el estudio del ciclo del agua. Los resultados del análisis muestran la validez de la metodología propuesta ya que a partir de ellos se pueden observar distintos niveles de comprensión del ciclo del agua y también diversas maneras de preguntarse sobre los fenómenos.

PALABRAS CLAVE: preguntas, modelo, evaluación, explicación científica, ciclo del agua.

ABSTRACT: In this paper a method to analyze students' questions based in the distinction between presupposition and request establish by Graesser, Mc Mahen y Johnson, is presented. The presupposition is analyzed in relation with the content and the request focus on the scientific explanation components (Pickett, Kolasa y Jones, Kolasa y Jones et al, 1994). Using this method lower high school students (12-14 years- old) questions when studying the water cycle are analyzed. Using this method different comprehension levels regarding the knowledge about the water cycle were characterized as well as various questioning levels, establishing diverse scientific reasoning students' levels. These results also validate our methodological approach.

KEYWORDS: questions, model, evaluation, scientific explanation, the water cycle.

Fecha de recepción: diciembre 2010 • Aceptado: mayo 2012

Roca, M, Márquez, C. y Sanmartí, N.(2013). Las preguntas de los alumnos: Una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (1), pp. 95-114

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje es el resultado de un proceso de intercambio social en el que la comunicación es el instrumento que actúa como mediador entre el conocimiento, el profesorado y el alumnado (Vygotsky, 1988). En este proceso, las preguntas tienen un papel fundamental, ya que en muchas ocasiones son las que permiten establecer relaciones entre los hechos o fenómenos objeto de estudio, el propio conocimiento y el conocimiento científico.

La reconstrucción de las ideas, los modelos o el conocimiento por parte de los que aprenden tiene un gran parecido con la construcción social del conocimiento en la comunidad científica a lo largo de la historia de la ciencia (Izquierdo et al., 1999) y en este proceso ha tenido y tiene mucha importancia la capacidad de plantear buenas preguntas (Wartofsky, 1976).

En el contexto del aula de ciencias, las preguntas tienen también mucho protagonismo, ya que están presentes en todo tipo de actividades, ya sea en el marco de un trabajo experimental o de campo, ya sea antes o después de una lectura, para promover la elaboración de textos y la expresión de las ideas, o también en las actividades de evaluación. Además, las preguntas pueden ser planteadas en diferentes momentos y con objetivos distintos.

Hablar de las preguntas puede conducir a pensar solamente en las que formula el profesorado. Pero teniendo en cuenta que la capacidad de identificar preguntas científicas es uno de los componentes de la competencia científica (OCDE, 2006), valoramos la importancia de profundizar también en las preguntas del alumnado y en cómo enseñar a formularlas y a reflexionar sobre su calidad.

A partir de reconocer la importancia de las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se planteó la necesidad de buscar y explicitar criterios de análisis para evaluarlas y poder distinguir aquellas que favorecen el aprendizaje. De esta inquietud surgen los objetivos del trabajo que aquí se presenta:

- Elaborar una propuesta de análisis de las preguntas en la clase de ciencias.
- Aplicar esta propuesta al estudio de las preguntas planteadas por los alumnos en el contexto de una unidad didáctica en torno al ciclo del agua.

LA IMPORTANCIA DE LAS PREGUNTAS Y SU PAPEL EN LA ELABORACIÓN DE LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS

Las preguntas han sido objeto de estudio en distintos campos del conocimiento. En el presente estudio se hace una revisión de la importancia de las preguntas desde la epistemología, la psicolingüística y la didáctica de las ciencias, incluyendo un apunte sobre las preguntas formuladas por los alumnos. También se recogen las ideas de Pickett, Kolasa y Jones (1994) sobre el proceso de construcción de explicaciones científicas, ya que son uno de los referentes clave de la propuesta de análisis de las preguntas que se presenta.

Las preguntas y el conocimiento científico

Se puede afirmar que la capacidad de hacer preguntas y de imaginar y buscar la respuesta es una de las características de los humanos que ha dado origen y ha favorecido el desarrollo de la cultura (Wartofsky, 1976), y en concreto del conocimiento científico.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que en el proceso de elaboración y de construcción del conocimiento científico intervienen, por un lado, la capacidad de mirar, ver y pensar sobre los hechos y fenómenos que nos rodean y, por otro, las ideas dominantes, los conceptos y las teorías que establecen el esquema o modelo donde se sitúan las nuevas ideas y, a veces, determinan sus límites.

Se podría decir, pues, que el conocimiento avanza a medida que se plantean nuevas preguntas. Estas surgen principalmente de la observación, de la comparación y del contraste de puntos de vista, que se amplían continuamente por la utilización de nuevos instrumentos para recoger datos y para tratarlos. Todo ello puede evidenciar nuevas situaciones y formas de mirar y, consecuentemente, promover que se planteen nuevos interrogantes.

Pero hay que tener presente que el proceso de observación y de explicación de una nueva situación se hace siempre desde una teoría. Por eso, la teoría puede limitar la capacidad de plantear nuevas preguntas y, en definitiva, la comprensión del fenómeno desde la nueva mirada.

Esta relación entre explicación y teoría hace que la capacidad de plantear preguntas fundamentales se reconozca como un aspecto clave del progreso científico (Watson, 1978). Por ello, las preguntas son esenciales para la ciencia, sobre todo si conducen a establecer diferencias, a rechazar, sustituir o ampliar el alcance de una teoría o de sus componentes (Pickett, Kolasa y Jones, 1994).

Las preguntas y la comunicación

Las preguntas, además de ser protagonistas en el avance del conocimiento, son también una constante en todo proceso de comunicación, ya que permiten intercambiar puntos de vista entre los hablantes, a la vez que son la base del diálogo.

Según Graesser, Mc Mahen y Johnson (1994) toda pregunta se puede descomponer en una información que se presupone y otra que se demanda o pide. Por ejemplo, la pregunta: «¿Por qué en un determinado municipio hay tantas inundaciones?», presupone que en este lugar ha habido inundaciones anómalas, más importantes que en otro tiempo o que en otros lugares semejantes, y se pide información sobre las causas de esta situación.

La información que se presupone forma parte del conocimiento común y es compartida por el interrogador y por el que responde, mientras que la información pedida está fuera del conocimiento compartido y se espera que sea aportada por quien responde.

La información que se presupone puede ser incorrecta, pero, en general, los que escuchan no analizan ni validan las presuposiciones de quien habla. En cambio, normalmente se tiene una actitud evaluadora respecto a la información pedida.

Las preguntas y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias

Las situaciones en las que se plantean preguntas en el aula son muy frecuentes y los objetivos de estas pueden ser muy diversos. Por ello una revisión de la bibliografía muestra una gran variedad de miradas.

Una propuesta muy generalizada es distinguir entre preguntas abiertas y cerradas (Giordan, 1978; Amos, 2002). Una pregunta es cerrada cuando tiene una respuesta simple y correcta. En cambio, se considera abierta si tiene diversas respuestas posibles. El grado de cierre o apertura de la pregunta depende del profesorado, ya que si, al plantear una pregunta abierta, piensa que la verdadera respuesta es la suya e ignora otras, entonces se transforma en una pregunta cerrada, ya que el alumno tiene que reproducir o adivinar un texto o discurso.

Otra categorización, heredera de la taxonomía de Bloom (1956), es la que distingue las demandas que implican habilidades de alto orden cognitivo o HOCS (Higher Order Cognitive Skills) de las de bajo orden cognitivo o LOCS (Lower Order Cognitive Skills) (Zoller, 1997). En el primer grupo están aquellas que se relacionan con el pensamiento evaluador: plantear preguntas, resolver problemas abiertos, tomar decisiones y pensar críticamente. En cambio, las habilidades del segundo grupo, como recordar una información o aplicar un conocimiento teórico a nuevos ejemplos reproductivos, corres-

ponden a los problemas o las preguntas que se pueden resolver aplicando mecánicamente algoritmos simples sin necesidad de comprender.

Para favorecer el pensamiento crítico, la American Association for the Advancement of Science (Lawson, 2002) propone actividades basadas en la recogida y el uso de pruebas, relacionando el conocimiento con la manera de encontrarlo o construirlo. Entre estas actividades señala la de dar significado y entidad a las preguntas destacando las capacidades de reconocer preguntas causales a partir de la observación de la naturaleza o, en el contexto de un texto o artículo, de distinguir preguntas causales de preguntas descriptivas, de diferenciar entre una observación y una pregunta, de reconocer una pregunta tanto si se expresa de forma expositiva como de forma interrogativa, y de plantear una cuestión teniendo en cuenta su posible respuesta (hipótesis).

Es un hábito frecuente en el profesorado el de plantear preguntas con la única finalidad de comprobar si la respuesta del alumno es o no correcta. Frente a esta actitud, hay preguntas que se plantean con el objetivo de conocer las ideas de los alumnos (Osborne y Freyberg, 1991). Son cuestiones iniciales sencillas del tipo: «¿Qué entiendes por...?», «¿Qué pensáis...?», «¿Cómo explicarías que...?». Estas cuestiones están centradas en la persona (Amos, 2002) en lugar de estar centradas en el tema o el conocimiento. Según Harlen (2004), las preguntas centradas en la persona favorecen más la participación y la implicación en el aprendizaje, ya que se pueden responder con las propias ideas y no se pide explicitar la idea correcta.

Otro de los objetivos de las preguntas del profesorado puede ser el de establecer puentes entre el conocimiento experto y el del alumnado para promover la evolución de sus modelos explicativos iniciales hacia modelos que incorporen una visión más compleja. Márquez, Roca, Gómez, Sarda y Pujol (2004) definen las características de las que llaman preguntas mediadoras como aquellas que están planteadas desde una visión dinámica, focalizadora y escalar, y se formulan con la finalidad de orientar el proceso de modelización del alumnado.

Las preguntas de los alumnos

Aunque la idea más generalizada es que el protagonista en la formulación de las preguntas es el profesorado, cada vez se valora más la necesidad de fomentar y provocar la capacidad de preguntar en el alumnado, especialmente por su relación con la construcción del conocimiento y con el desarrollo del pensamiento crítico.

Giordan (1978) se propuso analizar las motivaciones y las actitudes de los alumnos al preguntar, y comprobó que pocos alumnos planteaban preguntas, pero que su número aumentaba si se provocaba una discusión en el aula y, sobre todo, si intervenía el profesor y las favorecía. Encontró también que las preguntas eran muy generales, pobres y cerradas.

Se considera que el interés de las preguntas de los alumnos está principalmente en la discusión sobre el camino para hallar su respuesta. Harlen (2004) reconoce que todas las preguntas pueden ser válidas, pero las de mayor interés en el proceso de enseñanza-aprendizaje son, a su entender, aquellas que se pueden responder con una investigación. Partiendo de esta idea, clasifica las preguntas de los alumnos en cuatro tipos, que son: cuestiones que expresan sorpresa o interés, cuestiones que piden información, cuestiones filosóficas o complejas y cuestiones «investigables».

Las preguntas de los alumnos pueden ser una oportunidad que permite detectar su pensamiento y su nivel o capacidad de comprensión conceptual. Según Woodward (1992), cuando las condiciones de la clase son apropiadas, los alumnos pueden plantear una amplia gama de preguntas, desde las que manifiestan una simple curiosidad, hasta aquellas que revelan un profundo pensamiento complejo. Considera que se pueden distinguir tres tipos de preguntas: de consolidación, de exploración y de elaboración.

También se ha observado una relación entre las preguntas que se plantean y responden los alumnos, y la capacidad de argumentar. Chin y Osborne (2010) muestran que ayudar a los alumnos a plantearse preguntas centradas en las ideas clave y en un ambiente de interacción ayuda a organizar y mejorar sus argumentaciones.

Las preguntas y la construcción de explicaciones científicas

No se puede obviar que las preguntas están estrechamente relacionadas con las respuestas y la elaboración de explicaciones. Para analizar el proceso de explicar, se ha tomado como referente la propuesta de Pickett, Kolasa y Jones (1994), ya que se ha valorado el esfuerzo de descripción y clarificación del proceso de construcción de las ideas o modelos científicos que presentan.

Según estos autores, el objetivo de la ciencia es generar explicaciones, entendiendo por explicación científica la respuesta a las preguntas sobre los fenómenos. Las explicaciones tienen tres componentes fundamentales: los fenómenos observables, los conceptos construidos y las herramientas a través de las cuales estos se relacionan. Estas herramientas facilitan el diálogo entre los fenómenos y los conceptos dentro de un determinado campo y son: la explicación causal, la generalización, las pruebas para la comprobación, la predicción y la gestión.

La explicación causal de un fenómeno que sucede a un determinado nivel de organización puede ser explicada por causas referidas a un nivel inferior de organización y constreñida (limitada) por razones del nivel superior de organización. Por ejemplo, el comportamiento de un ser vivo se explica por el funcionamiento de sus órganos y células, y está limitado por las condiciones del ambiente en el que vive. Las causas pueden referirse a una variedad de acontecimientos o circunstancias contemporáneas o históricas, y pueden ser próximas o distantes. Las próximas hacen referencia a «cómo» sucede un fenómeno, mientras que las distantes a razones evolutivas.

La generalización condensa diferentes observaciones similares en un enunciado o declaración resumida, en una ecuación, un gráfico, una frase o un valor numérico. La generalización puede poner en evidencia algún aspecto de la naturaleza que tiene una explicación causal, y puede aportar pistas para el desarrollo de una teoría o de uno de sus componentes. Si la generalización se plantea sobre pocas observaciones, se puede considerar una hipótesis. Toda generalización implica una simplificación, y un aspecto importante de la simplificación es la abstracción.

En la comprobación, cuando se relaciona con el proceso de explicación, se busca examinar el modelo o la interpretación o ambos, para validarla y ampliar su aplicabilidad. Todos los tipos de comprobación se inician fundamentalmente al preguntarse si se manifiesta igual en otro dominio específico. Una comprobación supone comparar una suposición o hipótesis deducida de la teoría con la observación de la naturaleza. Los diferentes modos de comprobación son: los experimentos, la comparación y la correlación.

La predicción es un componente de la comprobación, a pesar de ser un modo de evaluar y definir las relaciones entre los conceptos construidos y los fenómenos observados. Las explicaciones causales y la generalización son dos vías para generar predicciones o suposiciones sobre la reproductividad y el alcance del modelo. La predicción se considera el *sine qua non* de la ciencia. Los métodos que permiten la confirmación de una predicción son la comparación entre el modelo y los datos.

La gestión es la aplicación de la experiencia científica a los problemas que se manifiestan en la sociedad. La gestión se realiza a través de tres herramientas: la predicción, la extrapolación y la clasificación. La extrapolación es la proyección de los datos que se tiene hacia el futuro. Estas proyecciones son a menudo utilizadas en la gestión. Cuando una extrapolación falla puede sugerir la necesidad de establecer un nuevo modelo, una explicación causal o una teoría completa.

En resumen, la búsqueda de explicaciones científicas de los fenómenos, entendidas como un proceso de contraste de los hechos con los modelos realizado a partir de utilizar las herramientas propias del trabajo científico, como la comprobación experimental y la génesis de argumentos causales, parece un buen marco en el que inscribir el trabajo de ciencia en el aula (Gómez Galindo, Sanmartí y Pujol, 2007).

Si se está de acuerdo con esta premisa, será importante promover que los estudiantes se planteen preguntas orientadas a realizar todas estas acciones y muy especialmente con la predicción y la gestión como partes fundamentales de la comprensión. Son, de hecho, aspectos que conectan las explicaciones ya aceptadas con las nuevas situaciones. Esta concepción de la comprensión científica permite favorecer el objetivo fundamental del aprendizaje de las ciencias, que es dar herramientas para la evaluación y la toma de decisiones ante los problemas reales que la vida en sociedad plantea.

Contexto y características de la investigación

La investigación que aquí se presenta se ha realizado a través de la aplicación en el aula de una unidad didáctica (UD) de 10 horas de clase que, además de los objetivos de aprendizaje propios del tema del ciclo del agua, tiene el de promover que los alumnos planteen preguntas y reflexionen sobre su importancia.

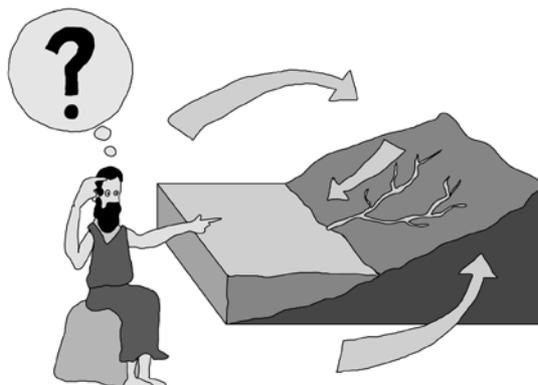
En la UD se presenta el ciclo del agua como un modelo que explica fenómenos fácilmente observables. Este modelo permite dar respuesta a problemas actuales relacionados con la circulación, la infiltración, el retorno del agua y su balance, similares a los planteados a lo largo de la historia de la humanidad.

La descripción y explicación del ciclo se presentan tal como se justifican en la actualidad, comparándolas con descripciones y explicaciones dadas en otros momentos de la historia de la ciencia. Se han tomado como referencia las preguntas que se han hecho a lo largo de la historia (Pedrinaci et al., 1999) con un doble objetivo: por un lado, para dar significado tanto al estudio del tema como al modelo o teoría objeto de la UD; y, por otro, para poner en evidencia cuáles son las dificultades de comprensión, ya que a menudo aquellos aspectos que han planteado más preguntas a lo largo de la historia de la ciencia son los que también son más difíciles de explicar. Por ejemplo, una pregunta clave ha sido: «¿Cómo podemos explicar que si todos los ríos desembocan en el mar su nivel permanece constante?».

La actividad de exploración (fig. 1), que es la que se analiza en este artículo, plantea la problemática de la circulación del agua en la naturaleza, en la primera parte en un contexto histórico y en la segunda en la actualidad. Se han utilizado las imágenes y los textos extraídos de Bach y Brusi (1988) y Márquez y Roca (2001).

Lo que actualmente se conoce como «ciclo del agua» es una explicación que se formuló después de muchos siglos de plantear preguntas y buscar respuestas a los problemas o las situaciones inexplicables relacionadas con el agua. Los primeros que plantearon el problema de cómo iba el agua de un lugar al otro fueron los griegos, en el siglo VI a. de C.

- El dibujo siguiente representa a un «sabio griego» que se hace preguntas relacionadas con el agua. ¿Qué preguntas crees que se plantea? Escríbelas.



- Desde el siglo VI a. de C. se han propuesto diferentes problemas y preguntas relacionadas con el agua. En la actualidad también se continúan planteando. Piensa y escribe preguntas sobre hechos o situaciones relacionadas con el agua.

Figura 1. Reproducción de la actividad de exploración.

El objetivo de esta actividad es que los alumnos reconozcan que el ciclo del agua que hoy conocemos es fruto de las preguntas que se han ido formulando desde la antigüedad personas interesadas en comprender hechos de su entorno. Estas preguntas surgieron cuando observaban fenómenos que no sabían cómo explicar y, a medida que la humanidad ha ido dando respuesta a unas preguntas, han surgido nuevas. Por eso se les pide que piensen tanto en preguntas que están detrás de respuestas que hoy conocemos, como en otras nuevas que se pueden plantear al tomar conciencia de situaciones problemáticas actuales que tienen que ver con el ciclo del agua.

Los datos se obtuvieron a partir de la implementación de dicha UD sobre «El ciclo del agua» en dos aulas de secundaria de dos institutos situados en el Vallés Occidental, comarca del área metropolitana de Barcelona, durante el curso 2003-04.

Los dos profesores que aplicaron la UD forman parte del grupo de investigación LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les ciències) y se ofrecieron a aplicarla después de conocerla en una sesión de trabajo de dicho grupo. Se recogieron todos los escritos generados por los alumnos.

En este artículo solo se discutirán los datos correspondientes a la actividad de exploración descrita anteriormente. En la tabla 1 se muestra el número de preguntas recogidas y analizadas.

Tabla 1.
Resumen de los datos de la muestra

| | <i>Alumnos</i> | <i>Preguntas</i> |
|---|----------------|------------------|
| Preguntas que se podía formular un sabio griego (a partir de ahora «Preguntas griego») | 29 | 116 |
| Preguntas actuales en relación con la misma temática (a partir de ahora «Preguntas actuales») | 27 | 69 |
| Total | 56 | 185 |

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LAS PREGUNTAS

El principal objetivo de la investigación ha sido encontrar un método de análisis de las preguntas del alumnado que fuera útil para que los profesores pudiéramos valorar su interés para el aprendizaje científico. Este objetivo surgió como conclusión de un trabajo anterior en el que se evaluaron las actividades de los libros de texto (Roca, 2001). En él se analizaron las preguntas que se planteaban aplicando las categorías de Bloom, pero se vio que no ayudaban a diferenciar realmente su nivel de complejidad, ni su contribución a la génesis de explicaciones científicas. Una de las conclusiones a las que se llegó fue que al analizar las preguntas era importante tener en cuenta, por una parte, la complejidad del tema o contenido y, por otra, la de la propia pregunta o demanda.

En esta línea, la distinción propuesta por Graesser, Mc Mahen y Johnson (1994) entre presupuesto y demanda nos ha permitido realizar un análisis más preciso y clarificador de las preguntas en relación con el contenido que se plantea. Paralelamente, las aportaciones de Pickett, Kolasa y Jones (1994) han posibilitado analizar las preguntas según su contribución en el proceso de formulación de las explicaciones.

Se propone, pues, un análisis en el que en primer lugar se identifica y se separa el presupuesto o contenido de la pregunta de la demanda, lo que según Graesser, Mc Mahen y Johnson (1994) constituye «el análisis interno o constitutivo de la pregunta». Posteriormente se analiza, por una parte, el presupuesto en relación con el «contenido implícito de la pregunta» y, por otra, la demanda u «objetivo de la pregunta».

a) Análisis interno o constitutivo de la pregunta

La primera parte del análisis ha consistido en identificar los componentes de cada pregunta, es decir, distinguir entre el presupuesto relacionado con un contenido y el objetivo o la demanda. En la tabla 2 se muestran algunos ejemplos.

Tabla 2.
Ejemplos de análisis del presupuesto y el objetivo de una pregunta

| <i>Pregunta</i> | <i>Presupuesto o contenido</i> | <i>Objetivo o demanda</i> |
|---|--|--------------------------------------|
| ¿Cómo es que desde lejos el agua de los mares o ríos se ve de color azul y cuando la coges es transparente? | De lejos el agua de los mares o ríos se ve de color azul y cuando la coges es transparente | ¿Cómo es que se ve diferente? |
| ¿Cómo puede subir el agua del mar al cielo? | El agua del mar sube al cielo | ¿Cómo sube el agua del mar al cielo? |
| ¿De dónde proviene el agua que llega de un río? | El agua que llega a un río viene de algún lugar | ¿De dónde viene? |
| ¿Se gasta el agua? | El agua se gasta | Confirmar la suposición |

Una vez aislado el presupuesto de cada pregunta, se identifica el contenido científico implícito en él. Este análisis permite identificar a su vez los conocimientos que se activan en el alumno al plantearse la pregunta. Asimismo se analiza la demanda, es decir, hacia dónde se enfoca la atención, la mirada o las expectativas que muestra quien plantea la pregunta.

b) Análisis del contenido implícito en el presupuesto de la pregunta

El presupuesto de cada pregunta hace referencia, de manera más o menos implícita, a un contenido o campo de conocimiento. Como en el presente trabajo las preguntas se han planteado en torno a una UD centrada en el ciclo del agua, su contenido está relacionado con las diferentes fases del ciclo o con otros aspectos relacionados con el agua.

El análisis, por lo tanto, toma como referentes los contenidos asociados a la comprensión del ciclo del agua. Pero el agua se puede mirar desde muchos campos de conocimiento y ello promueve que haya preguntas que se relacionen con otros puntos de vista como pueden ser, entre otros, las características de la sustancia, cuando se habla de las propiedades del agua, o el modelo de ser vivo, cuando se hace referencia a la sed.

También se observa que hay preguntas cuyo contenido solo se refiere a cómo interpretar el dibujo del sabio que ilustraba la actividad.

En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos de la asignación de categoría del contenido implícito en el presupuesto de la pregunta y del modelo con el que se relaciona. Todas estas asignaciones se han llevado a cabo a través de un proceso de triangulación realizado por la investigadora y dos profesoras con amplia experiencia en didáctica de las ciencias.

Tabla 3.
Ejemplo de la asignación de categorías al contenido implícito en el presupuesto de la pregunta

| <i>Pregunta</i> | <i>Presupuesto</i> | <i>Categoría de contenido asignada</i> | <i>Modelo con el que se relaciona</i> |
|---|--|--|---------------------------------------|
| ¿Dónde va a parar el agua? | El agua va a algún lugar | Camino del agua | Ciclo |
| ¿De dónde proviene el agua que llega de un río? | El agua que llega de un río viene de algún lugar | Procedencia | |
| ¿Por qué baja el agua de la montaña? | El agua baja de la montaña | Circulación superficial | |
| ¿Cómo puede subir el agua del mar al cielo? | El agua del mar puede subir al cielo | Circulación atmosférica | |
| ¿Por qué el agua no se filtra en la ciudad igual que en el campo? | El agua no se filtra en la ciudad igual que en el campo | Infiltración | |
| ¿Por qué no tiene cloro? | No tiene cloro | Composición | Materia |
| ¿Por qué el agua del río es dulce y después llega al mar y es salada? | El agua del río es dulce y después llega al mar y es salada | Agua dulce y salada | |
| ¿Por qué el agua se evapora? | El agua se evapora | Cambios de estado | |
| ¿Cómo es que desde lejos el agua de los mares o ríos se ve de color azul y cuando la coges es transparente? | De lejos el agua de los mares o ríos se ve de color azul y cuando la coges es transparente | Color | Ondas luz |
| ¿Por qué se forman olas en el mar? | En el mar se forman olas | Movimiento | Fuerzas |
| ¿Por qué tenemos que beber agua? | Debemos beber agua | Seres vivos | Seres vivos |
| ¿Cómo se crearon los lagos dentro de las tierras? | Los lagos se crearon dentro de las tierras | Origen (creación) | Origen sistema Tierra |
| ¿Qué quieren decir las flechas? | Las flechas representan alguna cosa | Dibujo | |

c) Análisis del objetivo o demanda de la pregunta

La separación de la pregunta en presupuesto y demanda permite evidenciar cuál es el objetivo de quien la plantea. En general, se puede afirmar que se plantea una pregunta cuando se identifica un déficit en el propio conocimiento o cuando se quiere compartir o confirmar una suposición (Graesser, Mc Mahen y Johnson, 1994).

Tal como se ha expuesto anteriormente, para definir las categorías de análisis de la demanda se ha tomado como referente el modelo de proceso de explicación de los fenómenos que nos rodean de Pickett, Kolasa y Jones (1994). Este modelo afirma que, para llegar a elaborar una explicación general o teoría sobre determinado fenómeno, hay que partir de una buena descripción, para poder establecer relaciones entre los componentes del fenómeno. Estas relaciones se comprueban con la experimentación, el análisis de datos, es decir, aportando evidencias que las confirmen o refuten.

También incide en que el establecimiento de características o relaciones causales que se dan en fenómenos similares, o que se repiten en determinadas condiciones, puede llevar a la generalización, y esta al establecimiento de una teoría o explicación. Además, una explicación o teoría bien fundamentada permite plantear nuevas hipótesis y predecir qué pasará en nuevas situaciones. La teoría también permite valorar o evaluar nuevas situaciones y plantear la solución o la respuesta a nuevos problemas, es decir, permite evaluar y gestionar las nuevas realidades (fig. 2).

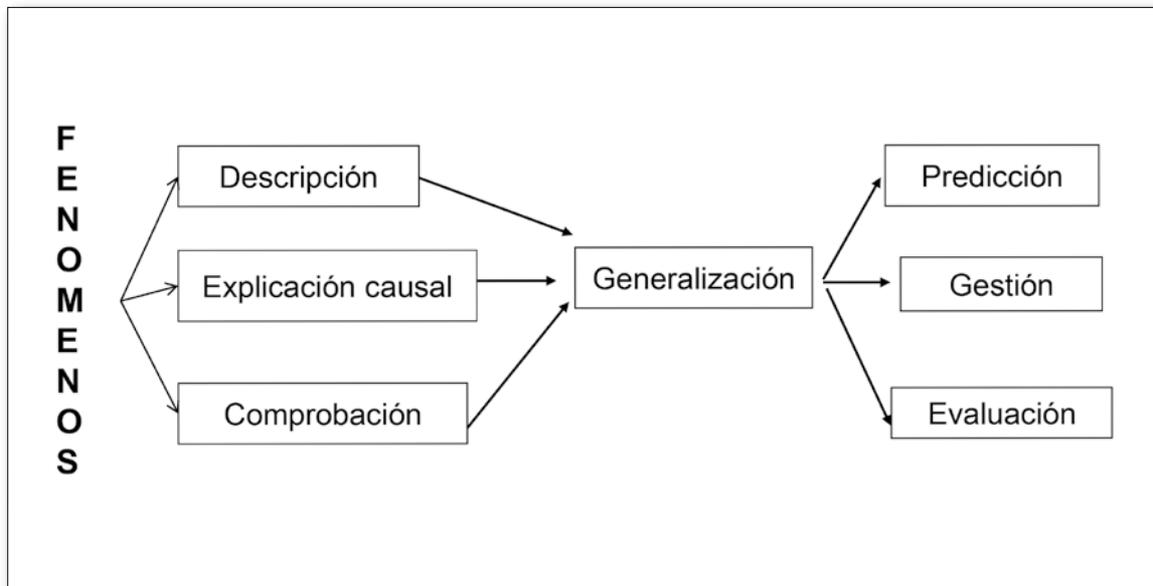


Figura 2. Relación entre los diferentes componentes de la explicación científica (adaptado a partir de Pickett, Kolasa y Jones, 1994).

Los componentes de la explicación científica dan lugar a las categorías utilizadas en el análisis de la demanda de la pregunta y se definen tal como se recoge y se ejemplifica en la tabla 4.

Tabla 4.
Categorías de análisis del objetivo o demanda de la pregunta

| <i>Categoría</i> | <i>Preguntas</i> | <i>Definición de la categoría</i> | <i>Ejemplo</i> |
|----------------------------|--|--|---|
| Descripción | ¿Cómo? ¿Dónde? ¿Quién? ¿Cuántos? ¿Qué pasa? ¿Cómo pasa? | Preguntas que piden información sobre una entidad, fenómeno o proceso. Piden datos que permiten la descripción o acotamiento del hecho sobre el que se centra la atención. | ¿De dónde surge el agua que hay al comienzo del río? |
| Explicación causal | ¿Por qué? ¿Cuál es la causa? ¿Cómo es que? | Preguntas que piden el porqué de una característica, diferencia, paradoja, proceso, cambio o fenómeno. | ¿Por qué el agua del río es dulce y después en el mar es salada? |
| Comprobación | ¿Cómo se puede saber? ¿Cómo lo saben? ¿Cómo se hace? | Preguntas que hacen referencia a cómo se sabe o cómo se ha llegado a conocer o a hacer una determinada afirmación. ¿A través de qué método? ¿Qué evidencias hay? | ¿Cómo se puede saber que el agua está formada por O ₂ y H ₂ ? |
| Generalización, definición | ¿Qué es? (Definición) ¿Pertenece a tal grupo? ¿Qué diferencia hay? | Preguntas que piden «qué es» o las características comunes que identifican una categoría o clase. También pueden pedir la identificación o pertinencia de una entidad, fenómeno o proceso a un determinado modelo o clase. | ¿Cómo es el ciclo del agua? |
| Predicción | ¿Qué consecuencias? ¿Qué puede pasar? ¿Podría ser? ¿Qué pasará si...? Formas verbales de futuro o condicionales. | Preguntas sobre el futuro, la continuidad o la posibilidad de un proceso o hecho. | ¿El agua se gastará? |
| Gestión | ¿Qué se puede hacer? ¿Cómo se puede? | Preguntas que hacen referencia a qué se puede hacer para propiciar un cambio, para resolver un problema, para evitar una situación... | ¿Sirve para algo? |
| Evaluación, opinión | ¿Qué piensas, opinas? ¿Qué es para ti más importante? | Preguntas que piden la opinión o la valoración personal | |

No hay ejemplos de la categoría de evaluación-opinión porque los alumnos no formularon ninguna en la actividad que se analiza en este artículo.

ANÁLISIS DE LAS PREGUNTAS FORMULADAS

Las 185 preguntas recogidas a partir de la actividad de exploración descrita se transcribieron y analizaron tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5.
Ejemplo de la tabla de análisis

| <i>Texto pregunta</i> | <i>Presupuesto</i> | <i>Categoría de contenido asignada</i> | <i>Demanda</i> | <i>Categoría de demanda asignada</i> |
|---|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ¿De dónde sale el agua que hay en la montaña? | Hay agua en la montaña | Procedencia | ¿De dónde sale el agua? | Descripción |
| ¿Qué es lo que se ve en el dibujo? | Hay un dibujo | Dibujo | ¿Qué es lo que se ve? | Descripción |
| ¿Por qué baja el agua de la montaña? | El agua baja de la montaña | Circulación superficial | ¿Causa de este fenómeno? | E. Causal |
| ¿Por qué salen afluentes?* | Salen afluentes* | Circulación superficial | Causa de este fenómeno | E. Causal |
| ¿Cómo se forman los ríos? | Los ríos tienen un proceso de formación | Procedencia | ¿Cómo es este proceso? | Generalización |
| ¿Cómo sube el agua del mar al cielo? | El agua del mar sube al cielo | Circulación atmosférica | ¿Cómo sube el agua del mar al cielo? | Generalización |
| Si el mar estuviera más elevado, ¿qué pasaría con los ríos? | El mar podría estar más elevado | Circulación superficial | ¿Qué pasaría con los ríos? | Predicción |
| ¿Para qué sirve todo este dibujo? | Este dibujo sirve para alguna cosa | Dibujo | ¿Para qué sirve? | Gestión |

Este primer análisis permite detectar que algunas de las preguntas parten de presupuestos erróneos (o mal formulados). Por ejemplo, cuando el alumno pregunta: «¿Por qué salen los afluentes?» (tabla 5), el presupuesto no sería «los afluentes salen», sino «llegan».

Interpretación de los resultados del análisis del contenido de las preguntas de los alumnos

El análisis del presupuesto de las preguntas formuladas por los alumnos permite identificar en torno a qué modelo o concepto se hace la pregunta. El total de categorías y los resultados obtenidos a partir de este análisis se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.
Número de preguntas y porcentajes según el contenido, en las dos actividades planteadas

| Modelo | Categoría de contenido asignada | Preguntas sabio griego | | Preguntas actuales | | TOTAL |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | N | % | N | % | |
| Ciclo | a. camino del agua | 16 | 13,8% | 10 | 14,5% | 26 |
| | b. procedencia | 21 | 18,1% | 3 | 4,3% | 24 |
| | c. circulación superficial | 20 | 17,2% | 6 | 8,7% | 26 |
| | d. circulación atmosférica | 13 | 11,2% | - | - | 13 |
| | e. infiltración | 3 | 2,6% | - | - | 3 |
| | Total ciclo | 73 | 62,9% | 19 | 27,5% | |
| Materia | f. composición | 3 | 2,6% | 12 | 17,4% | 15 |
| | g. dulce-salado | 3 | 2,6% | 8 | 11,6% | 11 |
| | h. cambios | 3 | 2,6% | 3 | 4,3% | 6 |
| | Total materia | 9 | 9,8% | 23 | 33,3% | |
| Ondas, luz | i. color | 4 | 3,4% | 6 | 8,7% | 10 |
| Fuerzas | j. movimiento | - | - | 1 | 1,4% | 1 |
| Seres vivos | k. seres vivos | 3 | 2,6% | 5 | 7,2% | 8 |
| Origen sistema Tierra | l. origen | - | - | 8 | 11,6% | 8 |
| | Total otros modelos | 7 | 7,0% | 20 | 28,9% | |
| | m. preguntas sobre el dibujo | 25 | 21,6% | - | - | 25 |
| | otros | 2 | 1,7% | 7 | 10,1% | 9 |
| | Total | 116 | | 69 | | 185 |

Esta primera parte del análisis permite afirmar que el contenido de las preguntas que plantea el alumnado varía según cómo se haya diseñado la actividad, ya que se observan diferencias en las preguntas según se centren en el sabio griego o en la actualidad.

Se puede comprobar que el dibujo del sabio griego incluido en la actividad ha jugado un doble papel: por una parte, ha focalizado la atención, ya que ha promovido que se planteen preguntas sobre diferentes partes del ciclo del agua, como son la infiltración o la circulación atmosférica. El 62,9% de las preguntas están relacionadas con el ciclo del agua. Por otra parte, ha «distráido» la atención de un grupo de alumnos que han centrado las preguntas en aclaraciones respecto al dibujo (representan un 21,6% del total de las preguntas). Mientras unos alumnos son capaces de entender el dibujo y a partir de él iniciar la actividad y plantearse preguntas globales e interesantes, otros, en cambio, hacen preguntas sobre lo que ven concretamente en el dibujo, y otros no lo entienden y deben realizar una tarea previa, como es intentar interpretarlo.

Esta constatación pone de manifiesto que no siempre las imágenes son herramientas eficaces para comunicar información. Y tampoco se puede infravalorar la dificultad de las imágenes en dos dimensiones para ilustrar los modelos espaciales o la comprensión de los dibujos en secciones (Martí, 2003). Estudios realizados en este ámbito demuestran que algunas de las dificultades asociadas a la interpretación de los dibujos hacen referencia a no comprender la naturaleza mediática y metafórica de las representaciones (Galagovsky y Aduriz-Bravo, 2001), o a centrarse en las características superficiales y no en las relevantes conceptualmente (Seufert, 2003; Lowe, 1996).

En cambio, la actividad «preguntas actuales» promueve una amplia dispersión de contenidos que, más allá del ciclo del agua, abarcan aspectos relacionados con otros modelos, como son el modelo materia (33,3%), las ondas (el color) o los seres vivos, ya que los alumnos piensan preguntas sobre el agua y no sobre los problemas relacionados con su ciclo. En esta parte de la actividad las preguntas relacionadas con el ciclo representan solo el 27,5%. Una actividad tan abierta puede ser interesante para conocer las relaciones que establecen los estudiantes a partir de la palabra *agua*. Se puede comprobar que preguntan aquello que los sorprende, como la diferencia de color o en el contenido de sal; aquello que despierta su interés, como la relación con los seres vivos; o aquello que piensan que es propio de las clases de ciencias, como la composición del agua.

Hay que destacar la poca presencia de preguntas sobre las fases atmosférica y subterránea del ciclo del agua, y la ausencia de preguntas sobre los cambios implicados en él y sus causas. Es evidente que resulta difícil hacer preguntas sobre aquello que no está representado explícitamente en el dibujo (a pesar de que las flechas podrían inducirlo) o sobre lo que no perciben a través de los sentidos cuando han visto un río o el mar.

El análisis de las preguntas desde la perspectiva del contenido (presupuesto) se demuestra útil para identificar qué aspectos del modelo explicitan los alumnos cuando se preguntan sobre fenómenos relacionados con la circulación del agua en la naturaleza. También muestra la influencia que tiene el tipo de actividad planteada en el contenido de las preguntas formuladas.

Niveles de representación del ciclo del agua

El análisis del contenido de todas las preguntas formuladas por un mismo alumno muestra que estas son diversas pero, vistas en su conjunto, manifiestan un nivel determinado de representación del ciclo del agua. Los niveles identificados son:

Un primer nivel de representación se corresponde con aquellos alumnos que expresan una visión estática del agua o de los componentes del ciclo. Estos estudiantes se preguntan sobre fenómenos aislados sin establecer ninguna relación que plantee la circulación del agua en la naturaleza. Esta visión puede ser adquirida o consolidada por el trabajo que a veces se hace en la escuela sobre las cuencas hidrográficas, cuando se habla de los ríos, los afluentes, la desembocadura..., de manera muy descriptiva y atomizada. Este grupo está representado por el alumno 11 (tabla 7).

Un segundo nivel sería el de los alumnos que comprenden el flujo del agua y la circulación superficial sin tener en cuenta ni la fase subterránea ni la atmosférica del ciclo. Tampoco relacionan los cambios que se producen en el ciclo con sus causas. Esta situación puede ser reforzada por los déficits que se han encontrado en las actividades de los libros de texto, donde se habla de la evaporación pero no de la condensación; tampoco se habla de la infiltración y su relación con la permeabilidad, ni de la gravedad, que interviene en buena parte del ciclo (Márquez y Roca, 2001). Este grupo está representado por el alumno 33 (tabla 7).

Hay un tercer nivel que correspondería a aquellos alumnos que parecen tener la idea del ciclo más o menos interiorizada. En este grupo hay alumnos que la aplican a plantear preguntas que se podrían considerar habituales en el trabajo en el aula y en las que es muy explícita la relación con el ciclo del agua (por ejemplo, el alumno 6 –tabla 7– plantea preguntas relacionadas con distintas fases del ciclo). Y también hay alumnos que son capaces de aplicarla a otras situaciones no tan habituales y más creativas (por ejemplo, el alumno 46 –tabla 7–).

Tabla 7.
Conjunto de preguntas planteadas por distintos alumnos
que muestran distintos niveles de representación del ciclo del agua

| Alumno | Pregunta |
|--------|---|
| 11 | ¿Cómo es que pasa el agua por esta montaña? |
| 11 | ¿Será hasta aquí donde termina este río? |
| 33 | ¿El agua dulce se acabará? |
| 33 | ¿Por qué los ríos desembocan en el mar? |
| 33 | Si los ríos desembocan en el mar, ¿este se llena cada vez más? |
| 33 | El agua de los ríos ¿de dónde viene? |
| 6 | ¿Cómo puede subir el agua del mar al cielo? |
| 6 | ¿De dónde proviene el agua que llega de un río? |
| 6 | ¿Una vez (el agua) se encuentra en el mar cómo puede volver a la montaña? |
| 6 | ¿Por qué el agua del río es dulce y después llega al mar y es salada? |
| 6 | ¿Cómo es que el mar nunca se ha desbordado? |
| 46 | ¿En un lago artificial, cómo hacen que debido a la evaporación del agua, esta no se agote? ¿Y cómo es que el agua no se filtra en el suelo? |
| 46 | ¿Cómo puede ser que el agua que hay en este estanque haya un momento en que se evapora? |
| 46 | ¿De dónde sale el agua? |
| 46 | ¿Si el mar estuviera más elevado, qué pasaría con los ríos? |
| 46 | ¿Por qué el agua no se filtra por la tierra? |

Interpretación de los resultados del análisis de la demanda de las preguntas

La tabla 8 muestra los resultados del análisis del objetivo o demanda de las preguntas según la actividad.

Tabla 8.
Número de preguntas y porcentaje según el objetivo
o la demanda de las dos actividades planteadas

| Categoría de demanda asignada | Preguntas sabio griego | | Preguntas actuales | | Total |
|-------------------------------|------------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| | Rec | % | Rec | % | |
| Descripción | 44 | 37,9% | 19 | 27,5% | 63 |
| Explicación | 44 | 37,9% | 36 | 52,2% | 80 |
| Comprobación | - | - | 2 | 2,9% | 2 |
| Generalización | 14 | 12,1% | 2 | 2,9% | 16 |
| Predicción | 11 | 9,5% | 8 | 11,6% | 19 |
| Gestión | 3 | 2,6% | 2 | 2,9% | 5 |
| Evaluación | - | - | - | - | |
| <i>Total</i> | 116 | 99,0 | 69 | 100,0 | 185 |

Al igual que en el caso del contenido de las preguntas, la demanda también varía según la actividad. El contexto de la actividad parece ser un factor determinante. La actividad en torno al sabio griego favorece preguntas de descripción (37,9%), explicación (37,9%) y generalización (12,1%); los alumnos piden informaciones, aclaraciones y explicaciones generales. Es un tipo de actividad que invita a la abstracción, a intentar comprender cómo funciona la naturaleza, en este caso, la circulación del agua en ella.

En las preguntas actuales, más de la mitad (un 52,2%) piden una explicación, y un 27%, una descripción. La elevada presencia, tanto en esta actividad como en la del sabio griego, de preguntas que piden explicación y descripción puede ser debida a que este tipo de demandas son las que los alumnos plantean de manera casi inconsciente, pero no son indicativas de una verdadera inquietud intelectual.

El bajo número de preguntas que piden comprobación (que serían las relacionadas con la obtención de pruebas) y la falta total de preguntas que piden opinión o evaluación puede ser debido, en primer lugar, a la falta de hábito y a que las actividades habitualmente planteadas en los libros de texto no favorecen este tipo de demandas (Roca, 2001).

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

Elaborar y establecer una propuesta de análisis de las preguntas que favorezca el aprendizaje de las ciencias no es una tarea fácil, ya que estas se pueden considerar desde distintos puntos de vista. En la presente investigación, la distinción entre presupuesto y demanda de una pregunta, adaptada de Graesser, Mc Mahen y Johnson (1994), se ha demostrado útil para superar una de las primeras dificultades en el análisis y categorización de las preguntas, ya que posibilita distinguir el contenido (el presupuesto) con el que se relaciona la pregunta, del objetivo o demanda que plantea (aquello que se pide). Es decir, permite separar aquello «sobre lo que se habla» de lo «que se pide o se quiere saber».

El *presupuesto* de la pregunta tiene que ver con aquello que uno piensa o se representa, es decir, con los modelos mentales. Por ello, su análisis se hace desde la perspectiva del modelo o teoría en la que se inscribe, en este caso el ciclo del agua. El interés de considerar las preguntas desde este punto de vista es doble:

Por una parte, el contenido del presupuesto de las preguntas de los alumnos muestra dónde focalizan su atención y ayuda a comprender cuál es la representación que se hacen del tema que se está trabajando. Esto permite evaluar la distancia entre estas representaciones y los objetivos planteados por el profesor/a.

Asimismo, permite explicitar los modelos, a menudo implícitos, de los que parte quien pregunta. La identificación del contenido implícito del presupuesto de una pregunta puede mostrar hasta qué punto el conocimiento es compartido o no entre los interlocutores; ello puede favorecer el diálogo, ya que ayuda a avanzar en la elaboración de los conceptos implicados facilitando la reorganización de las relaciones que, implícita o explícitamente, se han manifestado y puesto en evidencia a través de la pregunta.

El análisis de la *demanda*, basado en las categorías definidas a partir de la propuesta de explicación de Pickett, Kolasa y Jones (1994): descripción, explicación, comprobación, generalización, predicción, gestión y evaluación, ha resultado especialmente útil para analizar las preguntas, ya que permite evaluarlas desde los diferentes momentos del proceso de elaboración de una explicación científica. Ello posibilita una categorización más concreta asociada al desarrollo de la explicación científica y detectar qué aspectos no se potencian suficientemente. El análisis realizado en relación con la actividad aplicada permite concluir que en este caso:

Cuando se pide a los estudiantes que planteen preguntas, prácticamente en todos los casos, sus demandas se centran en la descripción y explicación causal. En cambio, casi ningún alumno plantea demandas que requieran comprobar, evaluar u opinar. Este hecho se interpreta a partir de la concepción que se tiene habitualmente de las preguntas, ya que en el contexto de la vida «cotidiana» preguntar se relaciona con pedir información sobre «qué, cómo, cuándo, dónde y por qué» y, en general, se espera obtener respuestas simples. En cambio, las preguntas que requieren obtener pruebas para validar los posibles «qué, cómo, cuándo, dónde y por qué» dados, que se asociarían al pensamiento crítico, no se dan ni en el contexto cotidiano ni en el escolar.

El análisis de la demanda y sus resultados permite también hacer algunas consideraciones sobre la imagen de ciencia implícita y la capacidad de plantear preguntas significativas.

Se puede considerar que la aplicación de este análisis al conjunto de preguntas planteadas por un alumno o presentes en un libro de texto permite también identificar la imagen implícita de ciencia. Así, el predominio de demandas de descripción o generalización expresa y promueve una imagen de ciencia afirmativa, mientras que las demandas de comprobación comportan una visión de ciencia asociada a la existencia de pruebas y evidencias. Las preguntas sobre predicción y gestión propician una visión de ciencia implicada en la resolución de problemas. Y si se pide la opinión o la evaluación, se favorece la búsqueda y utilización de argumentos científicos para justificar o valorar opiniones propias.

La estrategia utilizada con frecuencia por el alumnado en el momento de plantear preguntas, consistente en añadir, de manera mecánica, un «por qué» ante una frase afirmativa, permite valorar que este tipo de interrogación no se puede considerar una verdadera pregunta, ya que no surge fruto de una inquietud, sorpresa o vacío de conocimiento.

El análisis global del conjunto de preguntas que formula cada alumno, tanto en el papel de sabio griego como las actuales, también posibilita identificar distintos niveles de representación de la circulación del agua en la naturaleza, niveles que van desde una visión básicamente estática y atomizada, a una más compleja y dinámica e incluso creativa. Es decir, las preguntas que formula un estudiante son un buen indicador de su nivel de conceptualización del tema objeto de estudio.

Finalmente, este trabajo permite concluir que los alumnos, sean cuales sean sus capacidades, intereses o conocimientos, plantean una gran diversidad de cuestiones cuando se les propone que las formulen. Y que, a pesar del olvido o la deficiente utilización del potencial de las preguntas en las aulas, hay alumnos que las formulan de forma que son significativas desde el punto de vista de la ciencia y de los contenidos que se aprenden, y diversas y complejas desde el punto de vista de la demanda.

Por otro lado, el sistema de análisis de las preguntas propuesto puede ser de utilidad para el profesorado, ya que facilita la valoración de la calidad de las preguntas planteadas por los estudiantes, las preguntas formuladas por ellos mismos en el aula y también las de los libros de texto o de las actividades de enseñanza. Sin una mejora de las preguntas será difícil que mejoren los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Educación de la Generalitat de Catalunya, por la concesión de la licencia de estudios durante el curso 2005-2006.

Este estudio se desarrolla en el marco del proyecto EDU 2009-13890-C02-02 y EDU-2012-38022-C02-01, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y del PRI 2009SGR1543.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOS, S. (2002). Teachers' questions in the science classroom. En: Amos, S., Booham, R. (eds.). *Aspects of teaching secondary science*. London: The Open University.
- BACH, J. y BRUSI, D. (1988). Reflexiones y recursos sobre la didáctica del ciclo del agua. *Henares Revista de Geología*, 2, pp. 223-232.
- BACH, J. y BRUSI, D. (1990). El ciclo de l'aigua. *Perspectiva Escolar*, 150, pp. 8-18.
- BLOOM, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objective: Handbook 1 (Cognitive Domain)*. London: Longman.
- CHIN, C. y OSBORNE, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), pp. 883-908.
- GALAGOVSKY, L. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 231-242.
- GIORDAN, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris: Centurion.
- GÓMEZ GALINDO, A.A.; SANMARTÍ, N.; PUJOL, R.M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad Didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 325-340.
- GRAESSER, A.C.; MC MAHEN, C.L.; JOHNSON, K. (1994). Question asking and answering in authors. *Handbook of Psycholinguistics*. Academic Press Inc.
- HARLEN, W. (2004). *Teaching, learning and assessing science 5-12*. London: Paul Chapman Publishing PCP.
- IZQUIERDO, M.; ESPINET, M.; GARCÍA, M.P.; PUJOL, R.M.; SANMARTÍ, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, pp. 79-91.
- LAWSON, A.E. (2002). *Science Teaching and Development of Thinking*. USA: Wadsworth/Thomson Learning.
- LOWE, R.K. (1996). Background knowledge and the construction of a situational representation from a diagram. *European Journal of Psychology of Education*, 11, pp. 377-397.
- MÁRQUEZ, C. y ROCA, M. (2001). El ciclo de l'aigua, una altra vegada. *Guix*, 275, pp. 42-48.
- MÁRQUEZ, C.; ROCA, M.; GÓMEZ, A.; SARDA, A.; PUJOL, R.M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela*, 53, pp. 71-81.
- MARTÍ, E. (2003). *Representar el mundo externamente. La adquisición infantil de los sistemas externos de representación*. Madrid: Machado libros.
- OCDE (2006). *PISA 2006. Marco de la Evaluación Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Madrid: Fundación Santillana.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea Ediciones.
- PEDRINACI, E. y SEQUEIROS, L. (1999). Conocer los «archivos» del planeta. *Alambique*, 22, pp. 9-16.
- PICKETT, S.T.A.; KOLASA, J.; JONES, C.G. (1994). *Ecological Understanding*. California: Academic Press, Inc.
- ROCA, M. (2001). *Com intervenen els exercicis o activitats dels llibres de text en el procés de construcció del coneixement científic*. Treball de recerca del programa de doctorat de Didàctica de la Matemàtica i Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona. No publicado.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis educación.
- SEUFERT, L. (2003). Supporting Coherence Formation in Learning from Multiple Representations. *Learning and Instruction*, 12 (2), pp. 227-237
- VYGOTSKY, L.S. (1988). *Pensament i llenguatge*. Barcelona: Eumo.

- WARTOFSKY, M.W. (1976). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Universidad.
- WATSON, J.D. (1978). *La doble hélice*. Barcelona: Plaza & Janés.
- WOODWARD, C. (1992). Raising and answering questions in primary science: some Considerations. *Evaluation and Research in Education*, 6 (2&3), p. 91.
- ZOLLER, U. (1997). Higher and Lower – Order Cognitive Skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27(1), pp. 117-130.

A PROPOSAL AND ANALYSIS OF STUDENTS' QUESTIONS

Montserrat Roca Tort

montserrat.roca.tort@uab.cat.

Conxita Márquez

conxita.marquez@uab.es

Neus Sanmartí

neus.sanmarti@uab.cat

Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona.

The need for carrying out more research on the questions made by the students is based on considering learning as a process of communication in which the questions have a mediating role. It is also underlined that questions take part in both the process of construction of scientific knowledge and in the reconstruction of self-knowledge by learners.

Taking into account the premises posited before and recognizing questions as elements that usually are in science class, the objectives of this research are described as follows:

Designing a proposal for the analysis of the questions in science class.

Applying this proposal to study the questions raised by the students in the context of a teaching unit around the water cycle.

The first step of our research consisted of reviewing the importance of the questions from different fields of knowledge. First of all, epistemology emphasizes the idea that the theory may limit the ability to pose new questions and, ultimately, understanding the phenomenon from a new paradigm. Graesser, Mc Mahen and Johnson (1994) analyzed the role of the questions from communication and they pointed out that all questions can be decomposed into two kinds of information, one that is assumed and the other that is demanded or requested. The information that is assumed is part of common knowledge and it is shared by the interrogator and the responder, while the information requested is out of shared knowledge and it is expected to be provided by the respondent. This contribution is a key reference in the proposed analysis that arises in this research.

The literature review includes researchers that analyze the questions of the teachers in the teaching-learning process. We distinguish between closed and open questions, high or low cognitive level, analysis of the questions according to their purpose and their contribution to the development of critical thinking. Research on the questions raised by students are usually developed as educators value the ability to ask questions in the process of knowledge construction and critical thinking development.

The methodology followed for analyzing the questions has been defined according to other similar studies such as those from Pickett, Kolasa and Jones (1994) that explain the model of the process to explain the phenomena that surround us.

This research was conducted through the implementation of a teaching unit based on the water cycle in two classrooms of secondary school. The objectives of this unit were the specific learning objectives related to the topic of the water cycle and the promotion that students pose questions and reflect on its importance. In this paper we show the results of the exploratory activity in which students were asked to propose questions related to the problem of the circulation of water in nature considering a historical context and what happens nowadays.

Once students' questions were collected, we identified the different components of each question, that is, we distinguished between presupposition (information that is assumed in connection with content) and request (information requested) according to similar studies (Graesser, Mc Mahen & Johnson, 1994).

The presupposition of each question refers, more or less implicitly, to a content or field of knowledge. In this research, as questions were raised in relation to the teaching unit based on the water cycle, the content of students' questions was mostly related to the different phases of the cycle although other water aspects were also represented.

In order to analyze the target or demand, we defined categories following Pickett, Kolasa and Jones (1994), being these categories: description, explanation, testing, generalization, prediction, management and evaluation.

The results of this study underline the importance of analyzing the presupposition of the questions to recognize the contents or aspects of the model of water circulation in nature those students referred to when they were asked. Further, this presupposition varies depending on the focus of the questions, if they referred to historical context or present because if they referred to the present, the questions posited promoted a wide dispersion of the content as they imply more items besides water cycle. While in the historical context there were more questions about the water cycle.

It has also been noticed that the request also varied depending on the context (historical or present). In both cases the majority were questions which required a description or explanation. We founded a low number of questions that asked for testing the contents and there was a lack of questions asking for prediction or evaluation.

With the aforementioned results, we propose the methodology followed as a good strategy to distinguish the presupposition of the request. That is, it allows us to separate the issue that we speak about from the information that is demanded or that we want to know. Moreover, it has also been shown that students raise a wide range of issues when they have to formulate questions regardless of which abilities, interests or knowledge they have.