

En este artículo se pretende contribuir a responder a las preguntas de para qué y cómo investigar en el campo de la Didáctica de las Ciencias. Para ello se reflexiona alrededor de la investigación realizada por una de las autoras del escrito que culminó en la lectura de su tesis doctoral. El tema de la misma es la caracterización de las preguntas de los alumnos del primer ciclo de secundaria cuando se introducen en el estudio del ciclo del agua. En el artículo se describe, justifica y ejemplariza el proceso de toma de decisiones en cada una de las fases que configuran una investigación: la definición del tema objeto de estudio, la formulación de las preguntas de investigación, la búsqueda de antecedentes y marcos teóricos para la fundamentación y para el análisis de los datos, los criterios para decidir la metodología y el análisis de los datos, la discusión de los resultados y la elaboración de las conclusiones, y finalmente las acciones de difusión y publicación de los resultados.

PALABRAS CLAVE: *Didáctica de las Ciencias; Investigación; Secundaria; Ciclo del agua; Preguntas de los alumnos.*

Investigar en el campo de la Didáctica de las Ciencias: ¿Para qué? ¿Cómo?

pp. 31-43

**Conxita Márquez
Montserrat Roca
Neus Sanmartí**

Universitat Autònoma de Barcelona

El campo de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias se ha desarrollado en los últimos 50 años como consecuencia de la democratización de la escuela. Mientras sólo se tenía que enseñar a alumnos muy seleccionados, tanto por sus aptitudes como por sus actitudes hacia el estudio, no se planteaban problemas importantes en el ejercicio de la profesión y las reglas empíricas generadas a través de la experiencia eran suficientes. Pero en el momento en que la sociedad pide a la escuela que ayude a aprender

significativamente ciencias, incluso a los alumnos que no quieren aprenderla, enseñar no se reduce a un problema tecnológico y de práctica, sino que requiere la elaboración de marcos teóricos que posibiliten explicar lo que sucede en el aula y generar líneas de actuación fundamentadas.

A menudo no se considera a la didáctica específica como un área de investigación equivalente a otras universitarias porque se cree que cuando se resuelvan los problemas de enseñan-

* Conxita.Marquez@uab.cat; Montserrat.Roca.Tort@uab.cat; Neus.Sanmarti@uab.cat
✉ Artículo recibido el 8 de octubre 2009 y aceptado el 10 de noviembre de 2009

za ya no habrá nuevos para investigar. Pero esta visión responde a una percepción muy estable de la ciencia, de la ciencia a enseñar y de la sociedad en la que viven los que aprenden. La ciencia avanza constantemente y la escuela no puede permanecer al margen de los nuevos conocimientos. Es cierto que la nueva física y, sobre todo, la nueva química han entrado poco en los programas de estudio (y es algo sobre lo que convendría reflexionar), pero sí que ha entrado algo más la nueva biología y la nueva geología. Por ejemplo, nociones de la teoría genómica y de la de tectónica de placas se imparten en cursos básicos. Y nadie duda que los nuevos problemas que aborda la ciencia, como son el cambio climático o la clonación, también han de ser objeto de estudio en las aulas.

Por otro lado, la sociedad cambia y ello conlleva que surjan nuevas dificultades. Es un problema nuevo la enseñanza de las ciencias en clases con un alto grado de inmigrados, que hablan lenguas diversas y que pocas veces se plantean continuar estudios en este campo del saber. Y hay contenidos cuya enseñanza se consideraba adecuada sólo en cursos superiores y ahora se valora que han de formar parte de cursos básicos ya que son necesarios para fundamentar formas de actuar. Por ejemplo, el concepto de entropía ha pasado a ser básico para poder comprender por qué hemos de consumir la energía de forma responsable.

Tal como indican Cachapuz *et al.* (2001), el desarrollo de un nuevo campo de conocimiento aparece casi siempre asociado a la existencia de una problemática relevante, susceptible de despertar un interés suficiente que justifique los esfuerzos necesarios para su estudio y se disponga de los medios (materiales y organizativos) para realizarlo.

En este artículo reflexionaremos alrededor de la investigación realizada por una de las autoras del escrito, Montserrat Roca, que culminó en la lectura de su tesis doctoral en el año 2008. Se centra en la caracterización de las preguntas de los alumnos del primer ciclo de secundaria cuando se introducen en el estudio del ciclo del agua.

Cómo surge un tema de investigación

En la definición de un tema de investigación intervienen distintos factores. En nuestro grupo de trabajo destacaríamos:

a) Los intereses de la persona que realiza la investigación que, si tiene experiencia docente, responden a problemas detectados en su práctica valorados como relevantes. Surgen tanto al problematizar hechos vividos, como también por su participación en actividades de formación permanente y grupos de trabajo que le aportan formas de mirar estos hechos.

b) La línea de trabajo del grupo de investigación. La persona o personas que dirigen el trabajo normalmente están interesadas en que el tema se ciña a los objetivos de un determinado proyecto de investigación, alrededor del cual se han obtenido recursos y del que se tienen que presentar resultados. Pero no siempre coinciden con los intereses del doctorando, especialmente cuando éste no forma parte previamente del grupo de investigación que trabaja en esa línea.

c) Relevancia de la temática propuesta en el contexto histórico de innovación e investigación didáctica (Sanmartí, 2008). Por ejemplo, investigaciones sobre ideas previas eran relevantes en los años 80 pero no lo son actualmente. En cambio, todo lo que se relaciona con el campo competencial, la modelización, la alfabetización científica, el uso de las TIC y, en general, la planificación de unidades didácticas, son temas que responden a problemas actuales.

En nuestra experiencia hemos comprobado que los intereses iniciales del doctorando condicionan mucho el tema de investigación y que al principio hay cierta tensión entre dichos intereses y los del grupo. La dispersión de temas es algo negativo, porque no posibilita profundizar en un problema –un trabajo sólo puede abordar un aspecto de él–, pero al mismo tiempo las nuevas preguntas que aporta el doctorando tienden a abrir nuevos caminos de investigación y reorientar la mirada.

El caso de la tesis que nos ocupa sería un ejemplo de ello. El grupo de investigación estaba trabajando en cómo ayudar al alumnado a

desarrollar su capacidad para “escribir ciencia”. Pero la doctoranda se interesó por las preguntas a partir de plantearse: “Quizá los alumnos no escriben, o escriben poco, porque en realidad no es una demanda de las preguntas que se plantean en el aula”. Fue, por tanto, una manera distinta de mirar el problema, que no respondía a los objetivos del grupo de investigación en aquel momento, pero que aportaba un punto de vista interesante. Al mismo tiempo, en los currículos se empezaba a hablar de la competencia científica, que en su definición incide en la capacidad de los alumnos para plantearse preguntas, por lo que hubo acuerdo en que podía ser una línea de trabajo válida.

Pero el tema de las preguntas es muy amplio, y es necesario acotarlo. Casi siempre las personas que inician una investigación creen que podrán abarcar mucho más de lo que finalmente podrán responder. Normalmente el trabajo de investigación realizado en el marco del Máster posibilita una primera exploración de las posibilidades del tema. En este caso lo fue, ya que se centró en el análisis de las actividades planteadas en distintos libros de texto alrededor del estudio de un mismo contenido y permitió reconocer las diferencias en el tipo de preguntas planteadas.

Pero también lo fue otra de las investigaciones realizadas en el marco del grupo, centrada en el estudio de los modos comunicativos que el profesorado aplica cuando interacciona con sus estudiantes (Márquez, 2002). Los datos de esta investigación se recogieron en la clase de la futura doctoranda alrededor del estudio del ciclo del agua, unidad que partía de la reflexión sobre las preguntas que se han hecho a lo largo de la historia de la ciencia y que han posibilitado avanzar en el conocimiento de dicho ciclo.

A partir de estos precedentes y de aportaciones de otras compañeras del grupo de investigación, se fue configurando el tema de estudio. Inicialmente los objetivos son más implícitos que explícitos y poco a poco se van concretando intereses, dudas e interrogantes.

En este caso, las preguntas iniciales de la investigación fueron:

1. *¿Qué dicen los expertos sobre las preguntas en la construcción del conocimiento científico, en el aprendizaje y en la enseñanza, y qué consecuencias puede tener este saber para el diseño de los procesos de enseñanza-aprendizaje?*

La finalidad era la de buscar una integración de distintas perspectivas –la historia y la filosofía de la ciencia, el desarrollo de las capacidades cognitivas, el proceso de comunicación en el aula, la motivación e intereses del alumnado, la reconstrucción del conocimiento por parte del propio alumno, la selección y presentación de los contenidos, el diseño de las actividades...–

2. *¿Cómo puede el profesorado analizar y distinguir las preguntas que favorecen el aprendizaje?*

Distinguir una buena pregunta se hace a menudo de manera intuitiva. Argumentar y señalar los criterios que hacen que una pregunta sea buena ya tiene más dificultad. Se quería, por tanto, encontrar y concretar criterios que ayudaran a explicitar las características de las “buenas” preguntas.

3. *¿Qué hacen y qué piensan los alumnos cuando se les pide que planteen preguntas?*

El objetivo era, en relación a unas actividades de aprendizaje, analizar qué se preguntan los alumnos y alumnas, cómo y por qué se plantean o no determinadas preguntas, y valorar qué piensan sobre el hecho de que se les haya animado a plantearlas.

Para poder responder a esta pregunta, se diseñó una unidad didáctica que tuvo un doble objetivo: por un lado, ahondar en el aprendizaje del ciclo del agua, y por el otro, en el de las preguntas. Del primer diseño de la UD (Márquez, 2002) se hicieron cambios orientados a promover las preguntas de los alumnos.

Tipo de investigación

Tal como indica Duit (2007), el campo de investigación de la Didáctica de las Ciencias se mueve a menudo entre dos polos: el centrado en la ciencia y el centrado en los estudiantes. En el primero se dejan de lado las necesidades de los estudiantes y cómo aprenden. En el se-

gundo, el énfasis se sitúa en la mejora de los entornos de aprendizaje, y a menudo el contenido objeto de estudio no se discute. También hay cada vez más investigaciones alrededor de un tercer polo, el profesorado, centrado en el estudio de sus ideas e intereses y de los procesos de enseñanza que aplica.

En los inicios de la investigación en Didáctica de las Ciencias el objeto era proponer nuevos diseños didácticos para enseñar un determinado contenido. Pero tal como recogen Jenkins (2000) y Gilbert et al. (2004), actualmente hay tipos de investigaciones con objetivos muy diversos, que buscan redefinir la ciencia a enseñar, identificar los problemas de su enseñanza y de aprendizaje, comprender las razones de las dificultades que se constatan, y proponer y experimentar nuevos marcos teóricos.

Aun así, la comunidad de investigadores todavía se mueve entre los dos polos señalados por Duit, aspecto que se visualiza en la existencia de unos congresos y de revistas en los que el contenido es lo que prima (y se relacionan con la enseñanza de las distintas áreas científicas –biología, física, geología y química–), y de otros que se centran más en los problemas de aprendizaje más o menos comunes a todas las áreas científicas.

En nuestro grupo de investigación valoramos que el progreso en el aprendizaje de la ciencia sólo es posible si hay un equilibrio entre las tres perspectivas. Tan necesario es problematizar la ciencia que se enseña y reconstruirla desde perspectivas educativas, como la actividad del profesorado para enseñarla y la actividad del alumnado para aprenderla. Pero ello no se contradice con que un trabajo específico pueda estar más relacionado con alguno de los tres polos mencionados.

En ese diseño didáctico eran importantes las preguntas planteadas a lo largo de la historia de la ciencia para avanzar en el conocimiento de lo que hoy llamamos “ciclo del agua”, y la nueva investigación se orientó a profundizar en los problemas de aprendizaje relacionados con el planteamiento de preguntas por parte del alumnado, sin perder la perspectiva del análisis del contenido y de los métodos de enseñanza.

También se puede caracterizar la investigación en didáctica de las ciencias en función del tipo de preguntas que se quieren responder.

Por ejemplo, pueden ser preguntas orientadas a validar métodos de enseñanza o determinados diseños didácticos o tipos de actividades, con lo que se busca comparar resultados entre distintos grupos –experimentales y control–. Este tipo de investigaciones presentan muchos problemas porque es muy difícil controlar las variables que influyen en el resultado de un proceso de enseñanza que, además, normalmente es a largo plazo. Aun así, Leach y Scott (2002), defienden la necesidad de demostrar, a partir de datos cuantitativos, que determinados enfoques de enseñanza dan lugar a mejores resultados de aprendizaje que otros ya que, para poder convencer al profesorado de la necesidad de un cambio en sus ideas y prácticas, es necesario identificar evidencias de que los nuevos marcos teóricos posibilitan obtener mejores resultados.

También pueden ser preguntas orientadas a describir problemas de aprendizaje o de enseñanza, como lo fueron las investigaciones sobre las ideas alternativas del alumnado. Estos estudios, que fueron muy importantes en su momento, se centraban en poner de manifiesto las dificultades de aprendizaje y no tanto en identificar su potencialidad para construir conocimientos más concordantes con los actuales (Merino y Sanmartí, 2007).

Otro tipo de preguntas, con las que se relacionan las del trabajo descrito en este artículo, se relacionan con el planteamiento de procesos de investigación-acción, en los que se profundiza en el análisis de alguna práctica y en la aplicación de propuestas de cambio. Son investigaciones que parten del aula y retornan a ella. Las preguntas que se formulan son del tipo ¿qué ha sucedido? ¿por qué ha sucedido? ¿qué consecuencias conlleva para nuevas prácticas este conocimiento?. Su finalidad es enriquecer la discusión de la teoría pedagógica (Gimeno Sacristán, 1989), con la finalidad de captar la realidad, analizarla, comprenderla y discutirla.

Excepto en el primer caso, las hipótesis surgen a lo largo del estudio, tanto a partir de la mirada que ofrece la revisión de los fundamentos teóricos, como de lo que dicen los datos.

La búsqueda de antecedentes y marcos teóricos que sean una referencia para el trabajo, para la fundamentación y para el análisis de los datos

No hay duda de que la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias es cada vez más transdisciplinar, ya que ante cualquier tema se necesita profundizar en distintos campos del conocimiento, los de las propias disciplinas científicas, epistemología de la ciencia, psicología, pedagogía, sociología, antropología, lingüística... Pero aunque para responder a las preguntas necesitemos, por ejemplo, referentes en el campo de la psicología, la investigación a realizar no es de este campo, porque lo importante es la interrelación entre todos ellos.

Como hemos dicho, el contenido científico no es una mera excusa que sirve para hablar de cualquier tema de forma aproblemática, sino que condiciona la investigación. Así, el análisis de las preguntas del alumnado no es independiente del concepto de ciclo del agua, de las preguntas clave a las que responde este saber y, muy especialmente, de las preguntas que a lo largo de la historia de la ciencia han llevado al conocimiento actual (Pedrinaci y Sequeiros, 1999). Por ejemplo, ¿cómo puede ser que toda el agua de los ríos vaya al mar y éste no aumente de nivel?

También es importante tener en cuenta que “*en un sistema de ideas puede haber subsistemas con un grado muy diverso de coherencia y generalización*” (García, 1998). Este sistema de ideas condiciona la formulación de las llamadas “preguntas mediadoras” en el aula, que constituyen un puente entre el punto de vista del que aprende y el del experto y se formulan con la finalidad de orientar el proceso de modelización del alumnado. Tal como analizó Márquez *et al.*, (2004), se puede distinguir entre pregun-

tas *dinámicas*, que planteen de manera explícita la interacción entre el sistema (dentro) y su ambiente (fuera), considerando la regulación de éste (orden-desorden) y su orientación temporal (estabilidad-cambio); *focalizadoras*, que ayuden al alumnado a situarse en una de las perspectivas modelizadoras desde las que se puede abordar el estudio del fenómeno (sin necesariamente obviar el diálogo con otras); y, *escalares*, ya que para explicar un fenómeno desde una perspectiva compleja se necesita relacionar e integrar niveles de análisis a distintas escalas (macro, meso y micro).

Los referentes epistemológicos fueron muy importantes en esta investigación. Por una lado, la visión de la ciencia y de su génesis como un proceso de construcción de modelos para explicar una manera de mirar la realidad, a partir de reconocer si los datos se ajustan o no a las predicciones que se deducen del modelo (Giere, 1999). El desacuerdo o la contradicción entre lo que teóricamente se podría esperar que sucediera y los resultados de la experimentación, son una de las principales fuentes de preguntas significativas para el avance de la ciencia y, posiblemente, de la ciencia escolar.

Otro de los referentes para la reflexión sobre las preguntas es la historia del conocimiento. En el origen de la cultura se encuentra la capacidad de los humanos para plantear preguntas, imaginar y buscar las respuestas (Wartofsky, 1976); y el progreso de la ciencia está fuertemente relacionado con la formulación de nuevas preguntas y en su potencialidad para generar nuevas explicaciones.

En esta línea fueron muy importantes para esta investigación las aportaciones de Pickett *et al.* (1994) sobre el proceso de elaboración de una explicación. Afirma que para llegar a establecer o elaborar una explicación general o teoría sobre determinado fenómeno o conjunto de fenómenos, hay que partir de una buena *descripción*. A partir de ella, se pueden establecer *relaciones* entre los componentes que intervienen o forman parte del fenómeno. Es básica la *comprobación* de las relaciones a partir de la experimentación y el análisis de datos, es decir, hay que aportar evidencias que confirmen

o rechacen las posibles relaciones. También hay que establecer relaciones causales que se dan en fenómenos similares o identificar características que se repiten en determinadas condiciones y que puede llevar a la *generalización* y al establecimiento de una teoría o explicación. Esta explicación o teoría permite plantear nuevas hipótesis y *predecir* qué pasará en nuevas situaciones. La confirmación o negación de la predicción puede, al mismo tiempo, consolidar, modificar o cuestionar la teoría. Como veremos, estas ideas se han utilizado para categorizar el tipo de demandas a realizar cuando se plantea una pregunta.

Otra mirada teórica sobre las preguntas proviene del campo de la comunicación. Toda pregunta se puede descomponer en aquella información que se presupone y la que se demanda (Graesser *et al.*, 1994). Por ejemplo, la pregunta “¿Por qué en Castelldefels hay tantas inundaciones?” Supone que en Castelldefels haya habido inundaciones anómalas, más importantes que en otro tiempo u otros lugares semejantes, y se pide información o razones sobre las causas de esta situación.

La información que se presupone es compartida por la persona que interroga y la que responde, mientras que la información demandada se espera que sea aportada por quien responde. La información presupuesta puede ser incorrecta, pero en general, los que escuchan no analizan ni validan las presuposiciones, confiando en la actitud cooperativa de quien habla. En cambio, normalmente, se tiene una actitud evaluadora respecto al objeto o demanda de la cuestión.

Desde la psicología también se hace una aproximación al problema de las preguntas y de las explicaciones. La complejidad de las explicaciones científicas, que se basan en teorías o modelos, es el resultado de una relación compleja entre la capacidad de razonar, de explicar y los propios modelos. Ya hace años, Bloom estudió el tipo de demandas en función de su nivel cognitivo, y Zoller (1997) analizó las habilidades de alto orden cognitivo, entre las que sitúa la capacidad de plantear preguntas.

Desde la didáctica de las ciencias propiamente dicha también se han llevado a cabo

distintas investigaciones sobre las preguntas. Por ejemplo, son referentes importantes los estudios sobre los tipos de preguntas en función de su carácter abierto o cerrado, o productivo o reproductivo (Giordan, 1978; Amos 2002). También Candela (1999), analiza las relaciones de poder que se manifiestan a través de las preguntas y Ogborn *et al.* (1996) señalan la necesidad por parte del profesorado de “crear diferencias”, a menudo a través de las preguntas, entre lo que se sabe y lo que se va a aprender.

Las preguntas tienen pues un papel clave en la planificación de las unidades didácticas, tanto en el proceso de formalización de las explicaciones de los alumnos como para favorecer las interacciones dialógicas en el aula. Ayudar a reconstruir y dar forma a las ideas de los alumnos, exige guiarlos a través de las diferentes etapas de la explicación por medio de preguntas (Scott y Mortimer, 2002). Por tanto, éstas varían a lo largo del proceso de aprendizaje.

Estos son sólo unos ejemplos de los campos que han sido referentes en la investigación realizada. Habría que añadir los que han sido útiles para el diseño de las actividades y, en general, del proceso de enseñanza-aprendizaje aplicado en el aula, a partir del cual se han recogido los datos.

Todo ello, pone de manifiesto la complejidad de la fundamentación de un trabajo de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias. Esta complejidad es a la vez una fuente de dificultades y al mismo tiempo de riqueza. De dificultades, porque no es fácil apropiarse del conocimiento propio de tantos campos con cierto nivel de profundidad y adecuación e interrelacionarlos de forma coherente. Y de riqueza, por la amplitud de saberes que hay que tener en cuenta.

Cómo se decide la metodología de investigación

Esta diversidad de miradas y la complejidad de las situaciones de enseñanza-aprendizaje dificultan acotar los objetivos de la investigación. En este caso nos centramos en:

– Analizar cómo responden los alumnos en dos actividades de una unidad didáctica que tienen como una de sus finalidades “aprender a generar preguntas” y reconocer la calidad tanto de las propias como de las de los científicos. Se quería comprobar si tiene sentido situarlas en el centro de la actividad del alumnado y de la discusión.

– Generar, a partir de los referentes teóricos, unos criterios que permitan al profesorado identificar la calidad y características de las preguntas y ponerlas a prueba en el análisis de las que plantean los alumnos en las actividades propuestas.

– Identificar y valorar el punto de vista del alumnado acerca de las preguntas, así como lo que nos dicen sobre su actitud, su capacidad de focalizar y de razonar y sobre su idea del ciclo del agua.

Este tipo de investigación comporta diseñar una unidad didáctica y actividades consecuentes con el marco teórico analizado y, por tanto es otra de sus aportaciones al campo de investigación de la didáctica de las ciencias. En este caso se reelaboraron actividades ya planteadas anteriormente en función de los nuevos objetivos.

La unidad didáctica fue aplicada en dos grupos de alumnos de 1º de ESO, de dos IES cercanos a Barcelona, uno de ellos con alto número de alumnos inmigrantes y de nivel sociocultural bajo y el segundo con un alumnado de nivel sociocultural medio. Los dos profesores forman parte del grupo de investigación.

Los datos se obtuvieron a partir de dos actividades: una de exploración y otra de aplicación (ver figuras 1 y 2).

Los sabios griegos se planteaban preguntas. Nosotros también.

Lo que actualmente se conoce como “Ciclo del agua” es una explicación que se encontró después de muchos siglos de plantear preguntas y buscar respuestas. Los primeros que se plantearon el problema sobre cómo iba el agua de un lugar al otro fueron los griegos, en el s.VI a.C.



Este dibujo representa un “sabio griego”. ¿Qué preguntas relacionadas con el agua crees que se plantea? Escríbelas. Desde entonces las personas se han continuado planteando interrogantes. Piensa y escribe preguntas sobre hechos o situaciones relacionadas con el agua que creas importantes.

Figura 1. Primera actividad de la unidad didáctica.

“Nos continuamos planteando preguntas: Lectura de una noticia relacionada con el ciclo del agua”

Los efectos de la tormenta. Las causas del desastre.

La urbanización y el asfalto impermeabilizan el terreno y agravan las inundaciones.

Antes de leer la noticia piensa y escribe las preguntas que te sugiere el título.

Después de leerla, ¿te planteas nuevas preguntas? Escríbelas.

(Se adjuntaba el artículo periodístico)

Figura 2. Actividad de aplicación.

Se recogieron y analizaron los siguientes datos:

En relación a la actividad 1:

- Las preguntas que los alumnos creen que se planteaba un personaje en la Grecia antigua.
- Las preguntas que se formulan los alumnos.

En relación a la actividad 2:

- Las preguntas antes de la lectura.
- Las preguntas después de la lectura.

En este tipo de investigaciones los datos responden a un momento determinado, ya que reflejan no sólo los conocimientos en el campo objeto de la investigación, sino también los del investigador y sus intereses, y los relacionados con el conocimiento teórico, práctico y emocional de los profesores que aplican la unidad didáctica.

Una vez recogidos se crea el deseo de repetir la experiencia para poder obtener mejores datos, ya que siempre se pueden introducir mejoras tanto en el diseño como en la forma de aplicarlo. Pero si se quisieran obtener los “mejores datos” posibles, no se recogerían nunca porque siempre habría algo que mejorar. No son pues datos de “laboratorio”, en los que se busca controlar todas las variables posibles.

También surge a menudo el problema de la cuantificación. Nuestra formación científica de base nos crea la necesidad de cuantificar los resultados, de establecer correlaciones, etc., para poder validar las interpretaciones hechas de los datos. Pero a menudo tiene poco interés y aporta muy poco. La validación se puede realizar a partir de otras estrategias como, por ejemplo, la triangulación, que fue la técnica aplicada en esta investigación.

El análisis de los datos: la decisión sobre qué mirar

Seguramente la parte más creativa de una investigación es la que se relaciona con la forma de mirar los datos. Es el momento de tomar decisiones sobre qué aspectos del marco teórico nos son más útiles para el análisis, qué categorías generamos, qué hipótesis planteamos a partir de una primera organización y descripción de los datos, cómo los explicamos, etc. Comporta moverse entre un análisis deductivo y uno más inductivo, entre los referentes teóricos y lo que nos dicen los datos.

El análisis de las preguntas, como todo análisis de un texto, admite diversas miradas y varios niveles de profundización. En la investigación que se presenta se han aplicado diferentes criterios:

a) *Análisis interno o constitutivo de la pregunta.* Para iniciar la investigación se han separado los componentes de cada pregunta aplicando la visión aportada por Graesser et al. (1994). Este análisis permite clarificar los componentes de las diferentes preguntas, identificando, por un lado un presupuesto relacionado con un contenido (que posibilita identificar los conocimientos que se activan al plantearse las preguntas) y, por otro, un objetivo o demanda (que permite reconocer las expectativas que muestra quien plantea la pregunta).

Profundizando en lo que se presupone en cada pregunta nos fijamos en el contenido al que hace referencia de manera más o menos explícita. En concreto, se diferenció en función de las categorías recogidas en la tabla 2.

Pregunta	Presupuesto o contenido	Objetivo o demanda
¿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 viene el agua que llega a un río?	El agua que llega a un río proviene de algún lugar	¿De donde viene?

Tabla 1. Ejemplo de análisis del presupuesto y del objetivo de una pregunta.

Ciclo del agua	Camino del agua
	Procedencia del agua superficial
	Circulación superficial
	Circulación atmosférica
	Infiltración
Características del agua	Color
	Composición
	Agua dulce y agua salada
	Cambios
Otros aspectos relacionados con el agua	Movimiento
	Agua y seres vivos
	Origen del agua
En relación a la actividad	Dibujo
Análisis medio- ambiental	Sobre la impermeabilización
	Catástrofes naturales
	Impactos
	Riesgos
Otros	Otras preguntas

Tabla 2. Categorías utilizadas para analizar lo que se presupone en cada pregunta.

Y para profundizar en el análisis de la demanda, las categorías establecidas se concretaron a partir de los componentes de las explicaciones científicas definidos por Pickett *et al.* (1994). En la tabla 3 de la página siguiente se muestran estas categorías y ejemplos del análisis realizado.

Estas categorías se aplicaron al análisis de las preguntas planteadas por el alumnado en las dos actividades.

b) Análisis de la relación entre el texto o dibujo de la actividad y la pregunta planteada por el alumno. Una vez clarificado el contenido

implícito y el tipo de demanda de cada pregunta, se hizo un análisis de la relación entre las preguntas generadas y la actividad, ya que a menudo ésta condiciona las preguntas planteadas.

De las preguntas formuladas se analizó el grado de identificación que había entre el texto de la actividad (el dibujo, el titular o contenido del artículo o alguna de las palabras o expresiones que orientaban el trabajo a realizar) y la de la pregunta que hace el alumno. Se establecieron cuatro niveles (ver tabla 4 en la página siguiente):

Categoría	Formato de la pregunta	Ejemplo
Descripción	¿Cómo...? ¿Dónde...? ¿Cuáles...? ¿Cuántos...? ¿Qué pasa? ¿Cómo paso?	¿De dónde salió el agua que hay al comienzo del río?
Explicación causal	¿Por qué...? ¿A causa de qué...? ¿Cómo es que...?	¿Por qué si el agua del río es dulce cuando llega al mar es salada?
Comprobación	¿Cómo se puede saber...? ¿Cómo lo saben? ¿Cómo se hace...? ¿Se puede demostrar que...? ¿Es posible este resultado?...?	¿Cómo se puede saber que el agua está formada por O ₂ y H ₂ ?
Generalización	¿Qué es...? ¿Pertenece a tal grupo? ¿Cuál es la diferencia entre...? ¿Por qué... según la teoría?	¿Cómo es que los ríos siempre van a parar al mar?
Predicción	¿Qué consecuencias...? ¿Qué puede pasar? ¿Podría ser? ¿Qué pasará si...?	¿El agua se gastará?
Gestión	¿Qué se puede hacer por...? ¿Cómo se puede resolver...? ¿Qué medidas se deberían tomar para...?	¿Cómo consintieron hacer las autopistas sin los desagües necesarios?
Evaluación Opinión	¿Qué piensas? ¿Qué es más importante? ¿Cómo valorar...?	¿Tiene razón el Sr... cuando dice que no se tiene en cuenta la hidrología de...?

Tabla 3. Categorías de análisis objetivo de la demanda.

Total:	Reproducen el texto (o hacen referencia a partes del dibujo), añadiendo sólo un “por qué” u otros interrogativos al inicio de la frase.
Bastante:	Utilizan las mismas palabras pero cambian el orden.
Poco:	Utilizan palabras propias pero que son sinónimas.
Nada:	Formulan una pregunta en términos completamente nuevos.

Tabla 4. Categorías para el análisis de la relación entre el texto o dibujo de la actividad y la pregunta planteada por el alumno.

A partir de esta primera mirada-análisis de los datos, relacionada con una forma de organizarlos y resumirlos, se generan preguntas e hipótesis para interpretarlos que se habrán de comprobar. Generalmente comporta cruzar datos para encontrar ciertas regularidades. Por ejemplo:

– ¿Hay relación entre el objetivo o demanda de las preguntas de los alumnos y la actividad realizada? ¿Qué similitudes y diferencias se dan?

– ¿Hay relación entre el contenido y la demanda en las preguntas de los alumnos?

– ¿Los dos grupos de alumnos plantean el mismo tipo de preguntas?

– ¿Se puede caracterizar a los alumnos por el tipo de preguntas que plantean?

La respuesta a estas preguntas (y a otras) conllevó establecer relaciones entre los datos, discutirlos y valorar su interés didáctico. Por ejemplo, se comprobó que hay actividades que ayudan a focalizar la atención de los alumnos

en preguntarse sobre determinados contenidos y hay otras que, en cambio, favorecen la dispersión. Y también que hay alumnos que reconocen el objetivo de aprendizaje y otros que pueden preguntarse sobre cualquier temática.

La discusión y la elaboración de conclusiones

La elaboración de las conclusiones exige discutir los resultados obtenidos a la luz de otros trabajos y en función de las pruebas obtenidas. No se trata, por tanto, de un mero resumen de todo lo hecho (Jiménez Aleixandre, 2008) ya que es el momento de interpretar las implicaciones de los resultados. Es importante su coherencia con las preguntas y objetivos de la investigación, y que se pongan de relieve las aportaciones del trabajo realizado al cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias. Finalmente, también se tienen que identificar las limitaciones del estudio y apuntar las nuevas preguntas o líneas hacia donde orientar futuros trabajos.

Por lo que se refiere a la primera pregunta de esta investigación (*¿Qué interés tienen las preguntas en la construcción del conocimiento científico, en el aprendizaje y en la enseñanza, y qué consecuencias puede tener este saber para el diseño de los procesos de enseñanza- aprendizaje?*) el trabajo sirvió, entre otros aspectos, para corroborar la validez y al mismo tiempo complementariedad, de las propuestas de Pedrinaci y Sequeiros (1999) y García (1998). Por ejemplo, cabe resaltar la importancia de tener en cuenta la relación entre el contenido a enseñar y los problemas actuales y, por tanto, preguntarse también sobre las actitudes y valores asociados al aprendizaje de un conocimiento.

También se pudo comprobar la utilidad de las preguntas para compartir con el alumnado los objetivos de aprendizaje, y la de las categorías de Pickett *et al.* (1994) para la identificación de las preguntas importantes a plantear a lo largo de un proceso de aprendizaje. Por ejemplo, se pudo verificar que, ni los libros de texto, ni los alumnos, se plantean habitualmente preguntas

de comprobación, que son claves para generar una explicación científica.

En relación a la segunda pregunta (*¿Cómo puede el profesorado analizar y distinguir las preguntas que favorecen el aprendizaje?*), la investigación realizada permitió identificar criterios significativos, interrelacionando aportaciones de distintos autores. Estos criterios fueron los aplicados para analizar los datos y se pudo comprobar su idoneidad y su potencialidad. Pero también se pudieron deducir otras características de las “buenas preguntas”. Por ejemplo, las que buscan identificar y explicar semejanzas y diferencias, las que responden a algo inexplicable a partir de la observación o ponen de manifiesto contradicciones o paradojas, las que exigen una respuesta compleja (múltiples causas o consecuencias), etc.

Y por lo que se refiere a la tercera pregunta (*¿Qué hacen y qué piensan los alumnos cuando se les pide que planteen preguntas?*), se pudo comprobar que todos los alumnos, sean cuales sean sus capacidades, intereses o conocimientos, se plantean una gran diversidad de preguntas. Estas preguntas permiten diagnosticar sus dificultades y la discusión en torno a ellas conlleva compartir que se está aprendiendo, de forma que si se plantean una buena pregunta, es mucho más fácil que la actividad propuesta posibilite un aprendizaje más significativo.

También, fue interesante comprobar que los alumnos consideran que las preguntas son una estrategia del profesorado para captar su atención y evaluar, y que, generalmente, tienen una respuesta exacta y precisa.

La divulgación de los resultados

Una investigación no termina con su realización y, si es el caso, presentación para la obtención de un título. Sólo tiene sentido si se da a conocer públicamente y se divulga, tanto para que otros investigadores puedan conocer el trabajo realizado, su fundamentación y sus resultados, como para que el profesorado pueda beneficiarse del nuevo conocimiento didáctico aportado.

Jiménez Aleixandre (2008) aporta interesantes reflexiones acerca de algunas características que deberían reunir los artículos para constituir un verdadero diálogo en la comunidad preocupada por los problemas del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Pero no es fácil escribir un buen artículo que resuma las aportaciones más importantes en diálogo con otros trabajos y con los datos recogidos.

Pero si hay un problema importante que abordar en la investigación educativa es su poco impacto en cambiar la práctica del aula (Gilbert *et al.*, 2004). El diálogo con el profesorado también tendría que ser uno de los objetivos de cualquier investigación, ya sea a través de conferencias, actividades de formación y artículos en las revistas de divulgación.

Está por ver qué aportará la posibilidad de realizar tesis doctorales a partir de presentar artículos publicados en revistas de alto impacto. Nosotras, apostaríamos para que también se incluyera en la validación de la investigación alguna publicación orientada a su divulgación entre el profesorado.

42

REFERENCIAS

- AMOS, S. (2002). Teachers' questions in the science classroom. En Amos, S.; Booham, R. (eds.) *Aspects of teaching secondary science*. London: The Open University.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; GIL, D.; CARRAS-COSA, J. y MARTÍNEZ, I. (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1), 155-195.
- CANDELA, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós Educación.
- DUIT, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia J. Math., Sci. & Tech. Ed.*, 3(1), 3-15.
- GARCÍA, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada Editora.
- GIERE, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 63-70.
- GILBERT, J.K.; JUSTI, R.; VAN DRIEL, J.A.; DE JONG, O. y TREAGUST, D.F. (2004). Securing a future for chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5 (1), 5-14.
- GIMENO SACRISTÁN, J. (1989). Planificación de la investigación educativa y su impacto en la realidad. En: Gimeno, J.; Pérez, A. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Editorial Akal.
- GIORDAN, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris: Centurion.
- GRAESSER, A.C.; Mc MAHEN, C.L. y JOHNSON, K. (1994). Question asking and answering in authors. *Handbook of Psycholinguistics*. Academic Press Inc.
- JENKINS, E.W. (2000). Research in Science Education: Time for a Health Check? *Studies in Science Education*, 35, 1-25.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2008). La publicación como proceso de diálogo y aprendizaje: El papel de artículos y revistas en la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 15-24.
- LEACH, J.; SCOTT, P. (2002) Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, 115-142.
- MÁRQUEZ, C. (2002). *La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- MÁRQUEZ, C.; ROCA, M; GÓMEZ, A.; SARDÀ, A. y PUJOL, R.M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la Escuela*, 53, 71-81.
- MERINO, C y SANMARTÍ, N. (2008). How young children model chemical change. *Chemistry Education: Research and Practice*, 9, 196-207.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I. y MCGILLICUDDY, K. (1996). *Formas de explicar*. Madrid: Aula XXI Santillana.
- PEDRINACI, E. y SEQUEIROS, L. (1999). Conocer los "archivos" del planeta. *Alambique*, 22, 9-16.
- PICKETT, S.T.A.; KOLASA, J. y JONES, C.G. (1994). *Ecological Understanding*. California: Academic Press, Inc.

- ROCA, M. (2008). *Les preguntes en l'aprenentatge de les ciències*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- SANMARTÍ, N. (2008). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias, en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista "Enseñanza de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3),1-14.
- SCOTT, P. y MORTIMER, E. (2002). *Discursive activity on the social plane of high school science classrooms*. Comunicación presentada en AREA Annual Meeting, New Orleans, USA.
- WARTOFSKY, M. W. (1976). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Universidad.
- ZOLLER, U. (1997). Higher and Lower-Order Cognitive Skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27(1), 117-130.

ABSTRACT

Research in science education: why? how?

This article aims to contribute to answering the questions of why and how research in the field of Science Teaching. To do so, the article reflects on the research by an author's writing that culminated in the reading of her doctoral thesis. The theme of the thesis it is the characterization of the students' questions from a secondary school when beginning the water cycle study. The article describes, justifies, and exemplifies the decision-making process in each of the phases that make up an investigation: the definition of the subject under study, the formulation of research questions, the research of a theoretical background for the data analysis and supporting, the criteria for deciding the methodology and data analysis, discussion of results and the statement of conclusions, and finally the dissemination and publication of results.

KEY WORDS: *Science Education; Research; Secondary school; Water cycle; Student's questions.*

RÉSUMÉ

La recherche dans le didactique enseignement des sciences: pourquoi?, comment?

Cet article vise à contribuer à répondre aux questions pourquoi et comment faire une recherche dans le domaine de l'enseignement des sciences. Cela reflète une recherche par écrit d'une des auteurs qui a terminé avec la lecture de sa thèse de doctorat. Le sujet c'est la caractérisation des questions des élèves de l'école secondaire de premier cycle en entrant dans l'étude du cycle de l'eau. L'article décrit, justifie, et illustre le processus de prise de décisions dans chacune des phases qui composent une investigation: La définition du sujet à étudier, la formulation de questions de investigation, la recherche d'antécédents et l'arrière-plan théorique pour décider la méthodologie et l'analyse des données, la discussion des résultats et le développement de conclusions, et finalement la diffusion et la publication des résultats.

MOTS CLÉS: *Enseignement des sciences; Recherche; École secondaire; Cycle de l'eau; Questions des élèves.*