



Enseñar a plantear preguntas investigables*

Neus Sanmartí
Conxita Márquez Bargalló
Universitat Autònoma de Barcelona

Las preguntas son el eje a partir del cual es posible que se genere el conocimiento científico (en el marco de la ciencia y también en la escuela). En este artículo reflexionamos sobre su importancia, sobre algunos aspectos que caracterizan las preguntas que posibilitan el diseño de procesos de investigación y sobre distintos tipos de actividades que ayudan a aprender a formularlas.

Palabras clave: enseñanza ciencias, preguntas investigables, competencias, experimentación.

Teaching to ask researchable questions

Questions are the crux for creating scientific knowledge, not only at school, but also when doing science. In this article, we look at the importance of questions and explore some aspects that characterise the questions that allow for designing research processes. We also write about different kinds of activities to promote asking good research questions.

Keywords: science teaching, researchable questions, competences, experimentation.

Una de las compañeras de nuestro grupo de investigación nos envió un correo con este fragmento del libro *¿Está Vd. de broma, Sr. Feynman?* de Richard Feynman (1987) que nos parece un buen punto de partida para la reflexión sobre el contenido de este artículo:

Así lo hice. Brrrrrrrp metí el dedo, abrí el libro y comencé a leer: Triboluminiscencia. Triboluminiscencia es la luz que emiten los cristales al ser comprimidos o triturados... Dije: ¿Tenemos ciencia aquí? ¡No! Lo único que tenemos es la explicación del significado de una palabra por medio de otras palabras. Nada se ha dicho acerca de la naturaleza, ni cuáles son los cristales que producen luz al comprimirlos, ni por qué producen luz. ¿Han visto ustedes a algún estudiante ir a casa y

comprobarlo? No puede. En cambio, si se hubiera escrito: Si tomamos un terrón de azúcar y lo trituramos con unos alicates en la oscuridad, se puede ver un destello azulado. Algunos otros cristales manifiestan el mismo efecto. Nadie sabe por qué. Este fenómeno se denomina «triboluminiscencia», seguramente alguien intente comprobarlo en cuanto vuelva a casa. Entonces aprenderá algo sobre la naturaleza por experiencia.

Generalmente la actitud ante afirmaciones o definiciones científicas es de receptor pasivo. Las temáticas tratadas y los términos especializados apabullan al alumnado, y puede llegar a desanimarse y a tomar la decisión de que lo más práctico es memorizarlas para responder a la demanda del profesorado y luego olvidarlas. Sin embargo,

otras formas de comunicación, como la que propone Feynman, promueven la participación y la intervención en el fenómeno objeto de estudio, de forma que aprender ciencias tenga «sentido». Una observación o una lectura pueden estimularnos a plantearnos preguntas, a querer saber más e investigar.

En esta línea, aprender a plantear preguntas y, en concreto, preguntas investigables científicamente es uno de los objetivos de la clase de ciencias, tal como recoge el programa de evaluación OCDE-PISA (2006), que la considera una de las tres capacidades científicas básicas.

■ ¿Por qué es importante enseñar a plantear preguntas investigables?

En el origen de la cultura hay la capacidad de los seres humanos de plantear preguntas, y de imaginar y buscar las respuestas (Wartofsky, 1976), y el progreso de la ciencia está fuertemente relacionado con la formulación de nuevas preguntas y con su potencialidad para generar nuevas explicaciones. De la misma forma que se afirma que una pregunta de investigación bien formulada es más de media investigación, una pregunta bien formulada por quien aprende es más de medio aprendizaje.

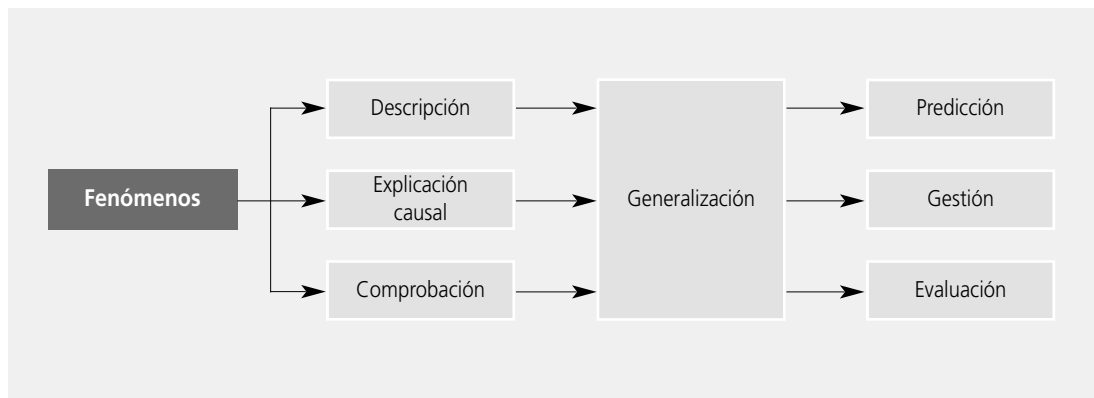
Sin embargo, la tradición del trabajo en el aula aplica un contrato didáctico, aceptado por profesores y estudiantes, en función del cual al que enseña corresponde plantear preguntas, y al que aprende, responderlas. En todo caso, las preguntas del alumnado sólo tienen la función de pedir aclaraciones, y no tanto la de dirigir el propio proceso de aprender. Pero desde distintos puntos de vista como, por ejemplo, desde los planteamientos de la Teoría de la Actividad y de la evaluación formadora (Nunziati, 1990; Jorba y Sanmartí, 1995), la actividad de aprender exige

representarse adecuadamente sus objetivos y éstos se deducen de las preguntas o interrogantes que nos hayamos podido formular.

Hay muchos tipos de preguntas que conducen al conocimiento científico. Pickett y otros (1994) afirman 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 en el fenómeno o forman parte de él, comprobar estas relaciones a partir de la experimentación y aportar pruebas que las confirmen o las rechacen. También hay que establecer relaciones causales que se dan en fenómenos similares o identificar características que se repiten en determinadas condiciones y que pueden llevar a la generalización y al establecimiento de un modelo teórico que los explique. Este modelo permite plantear nuevas hipótesis y predecir qué pasará en nuevas situaciones, y la confirmación o negación de la predicción puede consolidarlo, modificarlo o cuestionarlo (cuadro 1).

La actividad de aprender exige representarse adecuadamente sus objetivos y éstos se deducen de las preguntas o interrogantes que nos hayamos podido formular

La transposición de este proceso a la construcción del conocimiento científico escolar conlleva promover en el aula situaciones que faciliten que el alumnado se plantee preguntas orientadas a la descripción de un fenómeno, la explicación causal, la comprobación, la generalización y la predicción, gestión o evaluación. Pero los estudios



Cuadro 1. Proceso para establecer una explicación general o teoría sobre determinado fenómeno (adaptación de Pickett y otros, 1994)

realizados tanto sobre las preguntas de los libros de texto de secundaria como sobre las que plantea el alumnado en clase ante fenómenos relacionados con la circulación del agua en la naturaleza (Roca, 2005) muestran que son muy poco frecuentes las preguntas que se relacionan con la comprobación, la predicción, la gestión o la evaluación. Y este resultado es contradictorio con la actual concepción que tenemos de la competencia científica.

Según OCDE-PISA (2006),

la capacidad de identificar cuestiones científicas implica reconocer interrogantes que pueden ser investigados científicamente en una situación dada e identificar términos clave para buscar información científica sobre un determinado tema. Incluye asimismo la capacidad de reconocer los rasgos característicos de una investigación de corte científico: por ejemplo, qué elementos deben ser comparados, qué variables deberían modificarse o someterse a control, qué información complementaria se requiere o qué medidas han de adoptarse para recoger los datos que hacen al caso.

Se considera que para ser capaz de plantear y responder a este tipo de preguntas los estudiantes han de poseer un conocimiento sobre la

ciencia (sobre los procesos que promueven su génesis) y de la ciencia (de los modelos teóricos provisionales que ha generado a lo largo de la historia de la humanidad).

Es importante remarcar esta relación entre conocimiento sobre la ciencia y de la ciencia en el planteamiento de preguntas. Formular una pregunta investigable requiere aplicar conocimientos sobre cómo se genera la ciencia y, en concreto, sobre qué es una variable y la distinción entre las que varían y las que se controlan en un experimento, y sobre cómo diseñar procesos para recoger datos. Pero al mismo tiempo, se necesitan conocimientos teóricos –ya sean alternativos o validados por la ciencia actual– para que la pregunta tenga sentido. Como dice Graesser y otros (1994), una pregunta se puede descomponer en una parte que recoge una información o

Formular una pregunta investigable requiere aplicar conocimientos sobre cómo se genera la ciencia y sobre qué es una variable y la distinción entre las que varían y las que se controlan en un experimento, y sobre cómo diseñar procesos para recoger datos

La indagación científica no se puede reducir a encontrar una respuesta de forma experimental, sino que requiere generar o revisar conocimientos que posibiliten plantear bien la pregunta e interpretar

saber que se presupone y otra que se refiere a la información que se quiere saber. La información que se presupone forma parte del conocimiento ya construido, mientras que la que se quiere averiguar se supone que será nueva (y que podrá conducir a modificar el conocimiento de partida).

Por ejemplo, ante la pregunta: «¿El papel reciclado “envejece” antes que el papel blanco?», se presupone que todos los papeles «envejecen» y es algo que no se discute, mientras que el objeto del nuevo saber es la diferencia en la velocidad del fenómeno. Pero responder a esta pregunta requiere ponerse de acuerdo en qué se entiende por «envejecer» (e incluso por «papel reciclado») y su relación con variables con las que se relacionará el fenómeno (luz, temperatura, humedad...), y la respuesta acostumbra a exigir encontrar alguna explicación –modelo teórico– que posibilite comprender los resultados obtenidos al investigar.

Por tanto, la indagación científica no se puede reducir a encontrar una respuesta de forma experimental, sino que requiere generar o revisar

conocimientos que posibiliten plantear bien la pregunta e interpretar los resultados. Si se afirma que la astrología no es una ciencia no es tanto porque no se hayan encontrado regularidades, sino porque dichas regularidades no se pueden explicar a partir de los conocimientos científicos actuales. Ello es especialmente importante cuando nos encontramos ante tantas afirmaciones científicas que las personas adoptan fácilmente.

No se trata sólo de ser capaz de plantear preguntas, sino de plantear buenas preguntas investigables. Para construir conocimiento científico los estudiantes han de aprender a matizar y refinar las cuestiones, y a evaluar su calidad (Grandy y Duschl, 2007), siendo éste uno de los objetivos básicos de la enseñanza de las ciencias.

■ Ejemplos de actividades y resultados de mejora

Para ayudar al alumnado a desarrollar su capacidad de plantear preguntas investigables y proponer experimentos para comprobar afirmaciones (entre otros objetivos) hemos propuesto distintos tipos de actividades. El análisis de su aplicación en aulas de secundaria nos ha ayudado a comprender las dificultades y obstáculos que han de afrontar los estudiantes y comprobar cómo van mejorando poco a poco.

Algunos ejemplos de estas actividades son:

A partir de la lectura de textos

La lectura de textos con contenido científico provenientes de periódicos, Internet, revistas de divulgación... es una excelente actividad para incidir en el desarrollo de la capacidad del alumnado para formular preguntas investigables y diseñar experimentos que permitan comprobar aquello que se afirma en el texto (Marbà, Márquez y Sanmartí, 2009; Mazzitelli, Maturano y Macías, 2009).

Por ejemplo, en el marco del aprendizaje de la dinámica, se propuso a alumnos de 4.º de ESO la lectura de un artículo en el que se afirmaba que los nuevos récords olímpicos en natación eran debidos al diseño de los bañadores utilizados. Entre otras acciones se les pidió que formularan un

problema a investigar para comprobar dicha afirmación y diseñaran un experimento. Para algunos, la pregunta se concretó en: «¿La velocidad es la misma con un bañador normal que con uno nuevo?» y el experimento diseñando fue:

El experimento sería que el mismo nadador nadara 50 metros con un traje de baño convencional y 50 metros con un traje de baño Speedo, en las mismas condiciones (misma piscina, mismo lugar, misma temperatura del agua...) y calcular el mejor tiempo.

Otros, en cambio, se plantearon: «¿Cuál de los dos bañadores flota más?», e intentaron encontrar una posible causa de la diferencia de resultados. En este caso el experimento fue:

El experimento se realizaría en la misma piscina, sumergiendo el bañador, y comprobaríamos la flotabilidad. Pondríamos los dos bañadores (uno Speedo y otro normal) y comprobaríamos el tiempo que tardan en llegar al suelo. Lo realizaríamos con un experto en bañadores.

Como es de esperar, hay alumnos que en su propuesta no controlan variables. En unos casos no concretan dónde harían el experimento y en otros hablan de hacerlo en piscinas distintas o con nadadores diferentes. La discusión sobre las distintas formas de plantear el problema les posibilita tomar conciencia de lo que representa formular una pregunta-problema que conduzca a una investigación y, al mismo tiempo, a interrogarse sobre la explicación científica de las posibles causas.

También los anuncios que basan en «pruebas científicas» su estrategia comercial para convencer a posibles usuarios de los buenos resultados de un producto, son un buen punto de partida para conseguir que los alumnos se planteen preguntas investigables orientadas a comprobar la fiabilidad del producto. Por ejemplo, ante un anuncio de una crema de belleza que afirma que su uso proporciona una piel lisa y sin manchas, se pide a alumnos de 1.º de ESO que se planteen si se podría realizar un experimento para comprobar lo que se dice. Es habitual que inicialmente las preguntas que se formulan los

alumnos sean discutibles. Por ejemplo, algunos la formulan del siguiente modo: «¿Esta crema da los mismos resultados que otra?», o «¿Los resultados son iguales en gente famosa y en gente normal?». Otros, ya más orientados, se dan cuenta de que el anuncio no se refiere a la edad de las mujeres con las que se afirma que se hizo el experimento y se plantean si los resultados varían con la edad.

Muchas veces conseguimos que se sitúen en el papel de una persona científica y que se planteen qué pregunta se harían para comprobar las afirmaciones del texto o del anuncio. Hemos observado que los alumnos tienen más dificultades en formular una pregunta investigable científicamente cuando el texto habla de un problema en general que cuando se indican posibles variables a tener en cuenta. Por ejemplo, en relación al texto de los bañadores, la mayoría de alumnos se plantearon preguntas válidas, seguramente porque el texto habla de fricción, flotabilidad... En cambio, a partir de un texto que hablaba sobre la dificultad de borrar los grafitis sobre cristales, porque según los autores los sprays que se usan contienen ácidos, las preguntas que se formula-

ban los estudiantes se centraron en los productos utilizados para realizar el grafiti: «¿Cuál es la composición de los esprais?» o «¿Cuáles son las características de los ácidos?». Ningún alumno se

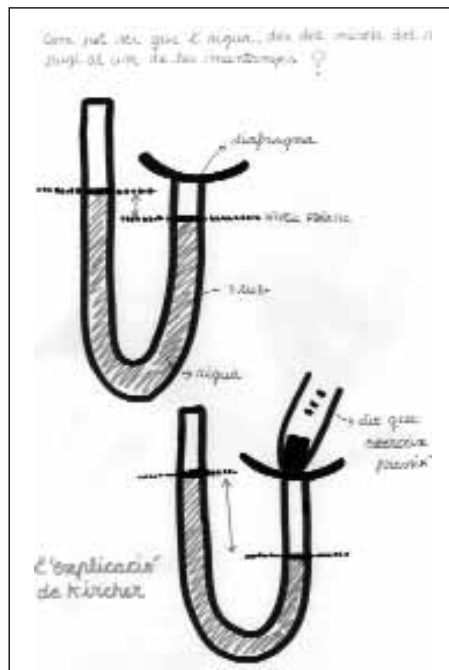
planteó el problema fijándose en el modo como interaccionan distintos ácidos con el vidrio, ya que se centraron sólo en una de las variables a investigar y no en la interacción entre ambas.

Preguntas investigables a partir de la historia de la ciencia

Otra manera de tratar el tema de las preguntas investigables y su importancia en la construcción del conocimiento científico es a partir de la historia de la ciencia y de reconocer cómo han variado las preguntas que se han formulado para explicar un determinado fenómeno (Pedrinaci y Sequeiros, 1999). En concreto la hemos utilizado en el estudio del ciclo del agua. La observación del gran volumen de agua que transportan los ríos al mar, la presencia de abundante agua dulce en el subsuelo, las pocas precipitaciones, plantearon a Platón (429-347 a.C.), Aristóteles (384-323 a.C.), Séneca (3 a.C.- 65 d.C.) y también a Kircher (1602-1680), etc., preguntas sobre el origen de esta agua. ¿Cómo vuelve el agua del mar a los continentes?, ¿cómo se forma el agua subterránea?, ¿cómo pierde el agua su salinidad en el camino hacia el mar?... No fue hasta el siglo XVII cuando Perrault cuantificó el agua de las lluvias y que transporta el río en la cuenca del Sena y demostró que el agua de lluvia era suficiente para suministrar esta gran cantidad de agua transportada por el río.

Para realizar la actividad se divide la clase en grupos y se da a cada grupo una lectura que explica cómo un determinado científico se plantea una pregunta relacionada con el ciclo del agua y cómo la responde. Cada grupo lee, discute y prepara una exposición oral para presentar al resto de grupos su pregunta y la respuesta dada en ese momento de la historia de la ciencia. En el cuadro 2 se muestra cómo un grupo de alumnos de 4.º de ESO expuso el mecanismo propuesto por Kircher (1602-1680) para explicar cómo puede el agua subir desde el nivel del mar hasta la cima de las montañas, siendo este comportamiento «contrario a la naturaleza» (Márquez y Manent, 2000).

La actividad permite que los alumnos conozcan qué ideas, preguntas y explicaciones han permitido llegar al modelo actual de circulación del agua en la naturaleza, y que tomen conciencia de que las preguntas cambian al cambiar el conocimiento que se tiene sobre el mundo. Así, actualmente la pregunta que se formulaba Kircher no tiene sentido al reconocer que es el agua de la lluvia la que se infiltra en el subsuelo y que esta agua



Cuadro 2. Interpretación de un grupo de alumnos de la respuesta propuesta por Kircher.

Fuente: Roser Nebot, IES Manuel Blancafort. La Garriga (Barcelona)

subterránea es el origen de las fuentes que encontramos en puntos elevados. Las preguntas que nos formulamos hoy están más relacionadas con la gestión sostenible del agua como recurso y con la predicción: «¿Cómo hacer la ciudad más permeable y aprovechar mejor el agua de lluvia?», «¿En el futuro se pueden impedir las inundaciones?», «¿Qué mecanismos adoptar para disminuir los efectos de las épocas de sequía?», «¿Se podría hacer un asfalto que dejara pasar el agua para que no se inundara la ciudad?».

Preguntas investigables a partir de actividades experimentales

Sin duda, una fuente de actividades básica es la realización de trabajos prácticos. En la siguiente actividad, el problema de investigación propuesto fue: «¿Cómo comprobarías si la acidez del agua afecta a la germinación de las semillas?». Cada grupo de tres estudiantes tenía que plantear una pregunta de investigación en relación con esta pregunta-problema general.

Una vez redactadas se propuso una actividad de coevaluación. Cada grupo tenía que evaluar algunas de estas primeras versiones de las preguntas, valorando si estaban bien formuladas para dar respuesta al problema de partida y si a partir de ellas se podrían diseñar experimentos. Se recordaba a los alumnos que una pregunta de investigación tiene que hacer referencia a la relación entre diferentes variables relevantes y ser lo más concreta posible. Tras esta primera evaluación se les propuso que reformularan su pregunta inicial y que justificaran por qué creían que la segunda era mejor. Posteriormente diseñaron y realizaron los experimentos propuestos. En el cuadro 3 se recogen algunas de las preguntas iniciales y finales.

Ejemplos de preguntas iniciales de los grupos	Preguntas reformuladas
¿Qué ácidos debemos utilizar para realizar el experimento?	¿Cómo afecta el tipo de ácido (limón y vinagre) al crecimiento de la judía? «Es mejor la segunda porque relaciona dos factores (el tipo de ácido y el crecimiento de la judía) y concreta que ácidos se utilizarán (vinagre y limón)».
¿Por qué los ácidos afectan al crecimiento de la judía?	¿Cómo afecta la concentración de ácido al crecimiento de la judía? «La primera no se podía contestar con el experimento que pensábamos hacer».
¿Qué varía cuando la planta está en medios ácidos?	¿La diferencia de concentración del vinagre hace variar el crecimiento de la judía? «Esta es mejor porque concreta las variables a relacionar».
¿Qué semilla es más resistente al ácido?	¿Cómo afecta un mismo tipo de ácido (vinagre) al crecimiento de semillas distintas (judías, soja y lentejas)? «Concreta más».
¿Dónde podemos encontrar geográficamente que el ácido afecte a las plantas?	«No es una buena pregunta para responder la inicial».

Cuadro 3. Preguntas iniciales y finales de las actividades

Preguntas investigables a partir de actividades de «papel y lápiz»

Finalmente, otro tipo de actividades para aprender a formular preguntas investigables es el relacionado con la respuesta a ejercicios diseñados con esta finalidad, que también pueden ser utilizados como cuestiones para evaluar esta capacidad.

Ya hace años Friedler y Tamir (1986) propusieron la realización de este tipo de actividades y hemos comprobado su utilidad para que el alumnado reflexione sobre las características de las buenas preguntas investigables. Un ejemplo de problema de este tipo es el que se plantea a continuación. A la mayoría de estudiantes (y futuros profesores) les es difícil identificar que la opción 3 es la más idónea, y el análisis de las respuestas comporta un debate que posibilita discutir los criterios.

Durante los Juegos Olímpicos de Verano de Moscú el entrenador del equipo de natación británico quería que la temperatura del agua de la piscina se mantuviera a una temperatura constante (24° C). Afirmaba que una diferencia de temperatura de sólo 2° C podía influir en la velocidad de sus nadadores. Antes de tomar cualquier decisión se decidió verificar la reclamación del entrenador británico mediante un experimento.

¿Cuál de los cuatro problemas siguientes escogerías para aclarar experimentalmente si la reclamación del entrenador es pertinente o no? (Fuente: Friedler y Tamir, 1986).

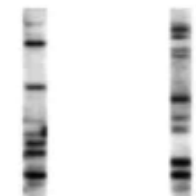
1. ¿Influye la temperatura del agua en la velocidad de los nadadores?
2. ¿Es posible mantener constante la temperatura del agua?
3. ¿Una diferencia de dos grados en la temperatura del agua hace variar la velocidad de los nadadores?
4. ¿A qué temperatura es más elevada la velocidad de los nadadores?

También es interesante discutir con los alumnos alguna de las preguntas del programa Pisa. Un ejemplo es la que se recoge en el cuadro 4.

EMPLEO DEL ADN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UN ASESINO

Smithville, ayer: Un hombre ha fallecido hoy en Smithville después de recibir múltiples puñaladas. Según fuentes policiales, había señales de lucha y parte de la sangre hallada en la escena del crimen no se corresponde con la sangre de la víctima. Sospechan que dicha sangre pertenece al asesino.

Para ayudar a capturar al culpable, los miembros de la policía científica han elaborado un perfil de ADN de la muestra de sangre. Tras ser comparado con los perfiles de ADN de los criminales convictos que se almacenan en las bases de datos informatizadas, no se ha hallado ningún perfil que concuerde con el de la muestra.



La policía ha arrestado a un habitante de la localidad al que se vio discutiendo con la víctima el mismo día horas antes. Ha pedido permiso para recoger una muestra de ADN de los sospechosos.

Según el sargento Brown de la policía de Smithville: «Se trata tan solo de extraer una muestra mediante un inofensivo raspado de la cara interna de la mejilla. A partir de esa muestra, los científicos pueden extraer el ADN y conformar un perfil de ADN como los que aparecen en la ilustración».

Dejando a un lado los casos de gemelos idénticos, las posibilidades de que dos personas compartan el mismo perfil de ADN son de 1 entre 100 millones.

Individuo A Individuo B

Foto de perfiles típicos de ADN pertenecientes a dos individuos. Las barras se corresponden con distintos fragmentos del ADN de cada uno de los individuos. Cada persona posee un patrón de barras diferente. A igual que sucede con las huellas dactilares, los patrones que siguen las barras permiten identificar a las personas.

Cuadro 4. Capturar al asesino

Fuente: OCDE-PISA, 2006

Pregunta:

¿Cuál de las siguientes preguntas no puede ser respondida mediante pruebas científicas?

- A. ¿Cuál fue la causa médica o fisiológica del fallecimiento de la víctima?
- B. ¿En quién pensaba la víctima cuando murió?
- C. ¿Constituye el raspado de la mejilla una forma segura de recoger muestras de ADN?
- D. ¿Poseen los gemelos idénticos exactamente el mismo perfil de ADN?

■ Reflexiones finales

Hemos empezado el artículo con una cita de Feynman y acabamos con una anécdota que aparece en una de sus biografías, *The Beat of a Different Drum: The life and Science of Richard Feynman* (Mehra, 1994):

Entre los vecinos siempre se comentaba que él era tan listo porque su padre constantemente le estaba enseñando cosas. Un día, mientras jugaba con un amigo en el jardín, éste le dice: «Mira este pájaro, ¿cómo se llama?». Richard le contesta: «¡Ni ideal!». El amigo le dice que es un zorzal pardo. «¡Tu padre no te enseña nada!» Pero su padre sí que le había enseñado y le había hablado del pájaro de otra manera. Le había dicho: «¿Ves aquel pájaro? Es un Spencer's warbler (me parece que se inventaba el nombre), en italiano se llama Chutto Lapittida, en portugués Bom a Peider, en chino Chung-long-tah... Podrías saber el nombre de este pájaro en todos los idiomas del mundo pero cuando los hubieras aprendido no sabrías nada más del pájaro. Así que observa el pájaro y mira lo que está haciendo y hazte preguntas. ¡Esto es lo que cuenta!».

De esta manera su padre le mostraba la diferencia entre sólo saber el nombre de las cosas y saber cosas. Después le dijo: «Mira estos pájaros. Se están picoteando las plumas. ¿Por qué crees que lo hacen?». Richard respondió:

«No lo sé (era un niño de diez años). Quizás sus plumas se erizan cuando vuelan». Él entonces dijo: «Si ésta es la razón, se picotearían más cuando acabasen de aterrizar y al cabo de un rato dejarían de hacerlo. Así que veamos, observa estos pájaros que acaban de aterrizar y mira cuánto tiempo se picotean las alas y si dejan de hacerlo pasado un tiempo». Después de un rato Feynman descubrió que seguían haciéndolo y que, por tanto, no era debido a la necesidad de alisar sus alas después de volar. De esta manera habían hecho un pequeño experimento, aprendiendo cómo observar y discutir.

Cuando hablamos de «motivar» a los estudiantes hacia el estudio de la ciencia, esta motivación consiste fundamentalmente en desear saber, preguntarse y buscar maneras de encontrar respuestas. Los niños y niñas pequeños plantean muchas preguntas pero poco a poco dejan de hacerlo. Cabría plantearse la pregunta de si sólo es un problema relacionado con la edad o si influye la forma como enseñamos y, muy especialmente, qué consideramos que es importante aprender en las clases de ciencias: nombres y conocimientos indiscutibles o preguntarse, experimentar y argumentar posibles explicaciones. El cambio de perspectiva no es banal, y exige que nos olvidemos de la gran cantidad de rutinas adquiridas, pero también posibilita que nuestra profesión sea mucho más estimulante.

Nota

- * AGRADECIMIENTOS: al proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación EDU 2009-13890-C02-02.

Referencias bibliográficas

- FEYNMAN, R. (1987): *¿Está Vd. de broma, Sr. Feynman?*. Madrid. Alianza.
- FRIEDLER, Y.; TAMIR, T. (1986): «Teaching basic concepts of scientific research to high school students». *Journal of Biological Education*, vol. 20(4), pp. 263-269.
- GRAESSER, A.C.; McMAHEN, C.L.; JOHNSON, K. (1994): «Question asking and answering in authors», en GERNSBACHER, M.A. (ed.): *Handbook of Psycholinguistics*. San Diego (CA). Academic Press.
- GRANDY, R.; DUSCHL, R.A. (2007): «Reconsidering the character and role of inquiry in school science: analysis of a conference». *Science & Education*, vol. 16, núm. 2, pp. 141-166.
- MARBÀ, A.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. (2009): «¿Qué implica leer en clase de ciencias?». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 59, pp. 102-111.
- MÁRQUEZ, C.; MANENT, M. (2000): «Actividades alternativas. Uso de los Recursos Naturales. ¿El agua es un recurso limitado?». *Guías praxis para el profesorado de ESO. Ciencias de la Naturaleza. Contenidos, actividades y recursos*. Barcelona. Ciss Praxis Educación.
- MAZZITELLI, C.; MATURANO, C.; MACÍAS, A. (2009): «Análisis de las preguntas que formulan los alumnos a partir de la lectura de un texto de Ciencias». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8(1) [en línea]. <www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen8/ART3_Vol8_N1.pdf>. [Consulta: septiembre 2011]
- MEHRA, J. (1994): *The beat of a different drum. The life and science of Richard Feynman*. Nueva York. Oxford University Press.
- NUNZIATI, G. (1990): «Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice». *Cahiers pédagogiques*, núm. 280, pp. 47-64.
- OCDE-PISA (2006): PISA 2006. Marco de la evaluación. *Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura* [en línea]. <www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>. [Consulta: septiembre 2011]
- PEDRINACI, E.; SEQUEIROS, L. (1999): «Conocer los "archivos" del planeta». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 22, pp. 9-16.
- PICKETT, S.T.A.; KOLASA, J.; JONES, C.G. (1994): *Ecological Understanding*. San Diego (CA). Academic Press.
- ROCA, M. (2005): «Cuestionando las cuestiones.» *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 45, pp. 9-17.
- SANMARTÍ, N.; JORBA, J. (1995): «Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 4, pp. 59-77.
- WARTOFSKY, M.W. (1976): *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid. Alianza Universidad.

Direcciones de contacto**Neus Sanmartí Puig****Conxita Márquez Bargalló**

Universidad Autónoma de Barcelona

neus.sanmarti@uab.cat

conxita.marquez@uab.cat

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en mayo de 2011 y aceptado en julio de 2011 para su publicación.