

CONCEPCIONES DE ESTUDIANTES DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Una evaluación diagnóstica a partir de reflexiones en equipo¹

ANTONIO GARCÍA-CARMONA / JOSÉ ANTONIO ACEVEDO DÍAZ

Resumen:

Este artículo presenta una investigación diagnóstica de concepciones de estudiantes de profesorado de primaria (EPEP) sobre algunas cuestiones clave de la naturaleza de la ciencia (NDC). Para ello, se analizaron las reflexiones de un grupo-clase de 67 EPEP que respondieron, en pequeños equipos, a varias preguntas abiertas relacionadas con el tema. El análisis de las respuestas se hizo desde un enfoque interpretativo mediante una combinación de los métodos inter- e intra-observadores y el uso de descriptores de baja inferencia. Los resultados indican que los participantes muestran ideas ingenuas o inadecuadas sobre NDC, pero también algunas potencialidades que suponen cierta novedad respecto de estudios precedentes. Por último, se sugieren algunas recomendaciones para la formación de EPEP sobre la NDC y su didáctica.

Abstract:

This article presents a diagnostic study of preservice elementary teachers' conceptions of key issues in the nature of science. To compile the group's reflections, 67 preservice elementary teachers were asked to work in small teams to answer various open-ended questions related to the topic; their responses were analyzed through an interpretative approach that combined inter- and intra-raters and low-inference descriptors. The results indicate that the participants expressed naïve or inappropriate ideas about the nature of science, although some potential factors point to a degree of novelty with respect to previous studies. The article concludes by making recommendations for training preservice elementary teachers in the nature of science and science teaching.

Palabras clave: educación primaria; estudiantes de profesorado; naturaleza de la ciencia; enseñanza de las ciencias; formación del profesorado, España.

Keywords: elementary education, preservice teachers, nature of science, science teaching, teacher education, Spain.

Antonio García-Carmona: profesor de la Universidad de Sevilla, Facultad de Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias. C/ Pirotecnia s/n, 41013, Sevilla, España. CE: garcia-carmona@us.es

José Antonio Acevedo Díaz: inspector de Educación jubilado, Huelva, España. CE: ja_acevedo@vodafone.es

Introducción

Desde hace tiempo, la relevancia curricular de la naturaleza de la ciencia (NDC) se ha estado reclamando como un objetivo básico de la enseñanza de las ciencias en algunos países de la cultura occidental, sobre todo anglosajones o de su ámbito de influencia; países en los que tiene gran interés entre los investigadores de didáctica de las ciencias. Así, la demanda de la enseñanza de la NDC en Estados Unidos tiene más de un siglo (Lederman, 2007), pero no es hasta la década de 1990 cuando comienza a tener más auge explícito en las propuestas curriculares. Hoy en día, la NDC es un contenido de los diseños curriculares de dichos países (NGSS, 2013). Su introducción se ha empezado a generalizar en los estados de la Unión Europea (Eurydice, 2011) y, con más timidez, en Iberoamérica (Bennàssar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010); si bien, en algunos casos, esta integración se ha promovido de forma parcial y poco explícita, como en el currículo español de educación primaria (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014).

Tal y como se recoge en esos documentos de reforma, el profesorado de ciencias de los distintos niveles educativos no solo debe enseñar contenidos de ciencias, sino también sobre cómo se construye y desarrolla la ciencia; es decir, acerca de su naturaleza. Ello supone una tarea enorme e incierta; no en vano, la implementación de la enseñanza de la NDC aún no termina de introducirse de manera adecuada y generalizada en las aulas, básicamente por falta de una formación del profesorado al respecto (Flores, Gallegos y Reyes, 2007; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Guerra, Ryder y Leach, 2010). De ahí que los expertos en didáctica de las ciencias dediquen, desde hace unos años, una insistente y renovada atención a la enseñanza de la NDC.

Se está sugiriendo que la incorporación de la NDC en el currículo comience en edades tempranas (NGSS, 2013), cuya viabilidad se ha puesto de manifiesto en algunos estudios (Akerson y Donnelly, 2010). Es esencial, pues, prestar atención a su enseñanza en la formación inicial de los estudiantes de profesorado de educación primaria (EPEP). Por ello, se han realizado investigaciones tanto para diagnosticar las creencias de los EPEP sobre la naturaleza de la ciencia y compararlas con las recomendaciones de los documentos de reforma de la enseñanza de las ciencias (Akerson, Morrison y McDuffie, 2006) como para lograr que sean más adecuadas (Bell, Matkins y Gansneder, 2011). Todo esto es necesario, aunque insuficiente, para garantizar una incorporación eficaz de la NDC a la enseñanza

de las ciencias, pues en este propósito influyen diversos factores educativos, generales y específicos (Acevedo, 2008).

Existe abundante bibliografía sobre las concepciones de NDC; sin embargo, se reduce considerablemente cuando se delimita a estudiantes del profesorado de educación primaria. Asimismo, la mayoría de las investigaciones han sido realizadas en países con cultura anglosajona; entre otras razones, por su tradición de considerar la naturaleza de la ciencia un componente básico del currículo de escolar.² Un hecho que no se da en la educación científica básica de países como España, donde la NDC suele desatenderse en las clases de ciencias (Banet, 2010), y su inclusión en los programas de formación de EPEP no es frecuente (Guisasola y Morentin, 2007). Por tanto, convendría ser cautelosos cuando se intentan extrapolar los resultados de la investigación sobre esta cuestión de unos contextos a otros, con culturas educativas muy diferentes.

En el ámbito iberoamericano, los estudios diagnósticos específicos de las creencias de los EPEP sobre naturaleza de la ciencia son escasos. En consecuencia, es preciso prestar más atención a determinados aspectos de NDC poco explorados en ese contexto formativo, con nuevos enfoques de evaluación; de ello surge esta investigación.

Marco teórico y antecedentes

La NDC es un meta-conocimiento que surge de las reflexiones interdisciplinarias de expertos en filosofía, historia y sociología de la ciencia así como de algunos científicos y educadores en ciencias. El carácter multifacético y dinámico de la ciencia hace difícil determinar cuáles son los aspectos que deben incluirse en el concepto de su naturaleza. Por tanto, su transposición didáctica al ámbito escolar es compleja y hay continuos debates sobre qué aspectos deberían introducirse en el currículo de ciencia escolar (Acevedo y García-Carmona, 2016).

Autores como Abd-El-Khalick (2012) abogan por propuestas que, más allá de buscar un compendio de ideas sobre NDC, supongan un referente factible e inteligible para favorecer que el profesorado la integre en sus clases de ciencias. Desde esta perspectiva, durante las dos últimas décadas se han sugerido algunas propuestas para las etapas educativas preuniversitarias, que gozan de cierto consenso o tienen más aceptación entre los educadores de ciencia (Bell, 2009). Estas ideas, que constituyen el marco teórico de referencia para este trabajo, se sintetizan en el cuadro 1.

CUADRO 1

*Ideas con más consenso sobre la ciencia y los científicos para definir la NDC**

Observación e inferencia. Las observaciones se refieren al uso de los sentidos, con ayuda de tecnología, para obtener información sobre fenómenos del mundo físico. Las inferencias son interpretaciones de esos fenómenos a partir de las observaciones y, a menudo, integran entidades no observables directamente. De ahí que los científicos puedan hacer interpretaciones discrepantes de un mismo fenómeno, que den lugar a teorías diferentes con partidarios y detractores mientras no se imponga una de ellas sobre las otras.

Leyes y teorías científicas. Las leyes científicas son enunciados concisos de relaciones entre fenómenos que se observan en la naturaleza, mientras que las teorías científicas son explicaciones de los fenómenos, inferidas a partir de sus observaciones; asimismo, estas teorías pueden predecir, a veces, fenómenos no observados. Por tanto, ambas tienen distinto estatus epistemológico y no guardan una relación jerárquica.

Evidencia empírica. Algunos conceptos científicos son teóricos, y surgen de razonamientos lógicos, pero las ideas científicas deben ser, en última instancia, comprobadas experimentalmente para su validación. No es suficiente el resultado de un solo experimento para aceptar un conocimiento científico nuevo.

Métodos de la ciencia. Los científicos usan una diversidad de enfoques y estrategias para generar su conocimiento, incluyendo observación, inferencia, experimentación, etc. Por tanto, no existe un método científico algorítmico, único y universal. A veces se producen hallazgos casuales o inesperados (serendipia), que son importantes para la ciencia. Asimismo, los errores son frecuentes en la investigación científica y juegan un papel esencial en el desarrollo de la ciencia, porque su identificación y análisis permiten depurar los experimentos, reinterpretar los datos, etc.

El papel de la creatividad. Los científicos son imaginativos para formular sus preguntas de investigación, establecer hipótesis y diseñar los mejores experimentos para progresar en sus investigaciones.

Objetividad y subjetividad. El conocimiento científico vigente y las creencias, expectativas e intereses de los científicos influyen en las nuevas investigaciones. Por tanto, si bien el conocimiento científico como producto puede considerarse objetivo, su construcción y establecimiento requiere de la aprobación consensuada por la comunidad científica. De ahí que los científicos tiendan a ser escépticos y a aplicar mecanismos de auto-control para mejorar la objetividad de sus conclusiones. La subjetividad no puede ser eliminada de la actividad científica por completo, pero puede ser superada mediante procesos de intersubjetividad dentro de la misma comunidad.

Conocimiento tentativo. La finalidad de la ciencia básica es explicar fenómenos de la naturaleza y proporciona el mejor conocimiento disponible sobre estos en cada momento. Los avances en las técnicas e instrumentos de investigación empleados, así como en el conocimiento teórico, favorecen la aparición de nuevas pruebas o reinterpretaciones de las leyes y teorías establecidas. Los cambios no son inmediatos sino que están precedidos de cierto escepticismo y discusiones entre los científicos pudiendo llegar, incluso, a obstaculizar o retardar el avance de la ciencia durante cierto tiempo. Pero, una vez aceptado, el nuevo conocimiento suele ser sólido y duradero, aunque es susceptible de modificaciones futuras.

Ciencia y sociedad. La ciencia es una actividad humana, que se ve influida por las condiciones y circunstancias socioculturales, políticas y económicas de cada época. La ciencia también afecta a la sociedad en la que se integra. Las decisiones sobre el desarrollo y aplicación de la ciencia no son imparciales y generan, a veces, controversias sociales.

* Adaptado y ampliado a partir de la propuesta genérica de Bell (2009).

Las ideas sobre NDC referidas en el cuadro 1 son genéricas, por lo que su integración en el currículo de ciencia escolar se debe concretar. Para ello, suelen plantearse dos enfoques: *a)* mediante la contextualización de ideas de NDC en los distintos tópicos del currículo de ciencia escolar; por ejemplo, tratar la evolución de las ideas y modelos científicos en el contexto del estudio del átomo (Páez, Rodríguez y Niaz, 2004); y *b)* de manera descontextualizada o como contenido independiente; por ejemplo, abordar las diferencias entre observación e inferencia usando un modelo de caja negra (Lederman y Abd-El-Khalick, 1998).

Los estudiantes suelen mejorar sus creencias sobre aspectos de naturaleza de la ciencia con ambos enfoques y no se encuentran diferencias significativas de eficacia educativa entre ellos (Khishfe y Lederman, 2006); aunque el contexto del contenido científico abordado sí parece influir en la comprensión de determinados aspectos sobre este concepto (Guerra, Ryder y Leach, 2010; Yoon y Kim, 2016). En todo caso, el factor determinante para el éxito de la enseñanza de la NDC es que se lleve a cabo de manera explícita y reflexiva (Acevedo, 2009; Abd-El-Khalick, 2012). Por tanto, si se pretende que los profesores la enseñen de este modo, deberán ser formados de la misma manera; esto es, será imprescindible hacer un tratamiento explícito y reflexivo de los contenidos de NDC en los programas de formación del profesorado de ciencias (Acevedo, 2010).

Por otra parte, algunos estudios (Akerson y Abd-El-Khalick, 2003) indican que el hecho de que el profesorado disponga de conocimientos de NDC adecuados no garantiza que los considere o atienda en su programa de ciencia escolar; sin embargo, si no dispone de ellos, las posibilidades de que sea atendida en el normal desarrollo de las clases de ciencia serán muy escasas e infructuosas desde el punto de vista educativo. Una comprensión básica de algunos aspectos de NDC ayudará al profesorado a decidir cuáles pueden ser los más apropiados en el desarrollo de los distintos contenidos del currículo de ciencia escolar.

Asimismo, esa comprensión puede favorecer que el profesorado promueva la construcción de conocimientos de ciencia escolar en clase de una manera más coherente con lo que sucede en la comunidad científica (Acevedo y García-Carmona, 2016), teniendo en cuenta las limitaciones propias del ámbito educativo. Por ejemplo, si los científicos se ponen de acuerdo para decidir qué clasificación puede ser la más representativa de una variedad de fenómenos diferentes pero relacionados, parece razo-

nable que la propuesta de ideas, su discusión y la búsqueda de consenso deba ser una tónica general en las clases de ciencia. Por tanto, una buena guía para la selección de aspectos de NDC a tratar en la formación del profesorado puede ser la que tenga una incidencia clara en cómo se puede aprender ciencia de la manera más parecida a como los científicos construyen el conocimiento.

Concepciones de estudiantes

de profesorado de primaria sobre NDC: estado de la cuestión

Durante las dos últimas décadas se han realizado numerosos estudios acerca de las creencias de estudiantes y profesores, de diferentes niveles e itinerarios educativos, en relación con diversos aspectos de la NDC (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011). La mayoría de ellos revela, por un lado, que no existen diferencias importantes entre las concepciones sobre NDC en general, ni entre estudiantes o profesores (en formación inicial y en ejercicio) de distintos niveles (primaria *vs.* secundaria) y formación (ciencias *vs.* humanidades). Y, por otro lado, que tales concepciones suelen ser incoherentes con las que se aceptan hoy respecto a la NDC. Por tanto, se pone de manifiesto que la educación científica promovida en las aulas parece contribuir poco a una visión más informada sobre la ciencia y el trabajo de los científicos (Vázquez, García-Carmona, Manassero y Bennassar, 2014).

Las investigaciones centradas específicamente en diagnosticar las concepciones de estudiantes del profesorado de educación primaria sobre NDC han recibido muy poca atención en España y el resto de Iberoamérica. La mayoría de las investigaciones en esta línea han sido llevadas a cabo con profesorado en ejercicio, tanto de primaria (Guerra, Ryder y Leach, 2010; Tamayo, Sánchez y Buriticá, 2010) como de secundaria (Flores, Gallegos y Reyes, 2007; López, Rodríguez y Bonilla, 2004); por tanto, con enfoques de investigación claramente vinculados a la práctica docente que desarrollan habitualmente. Estos estudios pueden aportar resultados interesantes con vistas a plantear mejoras en la formación inicial del profesorado, en general, respecto de la NDC y su didáctica. Sin embargo quienes están en ejercicio cuentan con un bagaje teórico-práctico muy diferente al que tienen quienes inician su formación docente. Estas diferencias son más acentuadas aún entre el profesorado de primaria y secundaria. En con-

secuencia, es necesario hacer más diagnósticos específicos sobre ideas de naturaleza de la ciencia con los EPEP en dicho ámbito.

Aunque en Iberoamérica son escasas las investigaciones sobre el tema, existen algunas que pueden ser útiles para ubicar el estado de la cuestión dentro de dicho contexto educativo.

Thomaz, Cruz, Martins y Cachapuz (1996) analizaron las respuestas de 90 estudiantes portugueses del profesorado de primaria a un cuestionario con preguntas abiertas de NDC. Las creencias predominantes fueron:

- a)* la finalidad de la ciencia es la búsqueda de conocimiento con independencia de su aplicación;
- b)* la ciencia se construye mediante procesos empíricos/inductivos;
- c)* el conocimiento científico tiene una naturaleza dinámica (provisionalidad);
- d)* las leyes científicas tienen un estatus epistemológico más estructurante que las teorías, y
- e)* la relación entre ciencia y sociedad es positiva, por los beneficios que la primera aporta a la segunda.

Porlán, Rivero y Martín (1998), al aplicar a 131 EPEP españoles un cuestionario basado en el Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas y valorar las respuestas mediante un análisis factorial de componentes principales, obtuvieron que la imagen de la ciencia expresada es mayoritariamente empirista.

Guisasola y Morentin (2007) analizaron las concepciones de 78 EPEP españoles sobre el papel de la ciencia, su metodología y la evolución del conocimiento científico. Con un cuestionario de preguntas abiertas constataron una concepción positivista de la ciencia, en tanto que:

- a)* no se asume flexibilidad en las fases de una investigación científica;
- b)* la experimentación se considera la vía principal de construcción de conocimiento;
- c)* las observaciones se desligan de los marcos teóricos vigentes;
- d)* no se distingue entre datos experimentales y teoría;
- e)* el progreso de la ciencia se concibe siempre creciente;

- f) el conocimiento científico no se contextualiza en un marco socio-cultural; y
- g) las alusiones a la subjetividad de los científicos son prácticamente inexistentes.

Siendo válidos y fiables, estos estudios se realizaron con muestras no probabilísticas; por tanto, sus resultados no son generalizables a la población de EPEP. Esta limitación, unida a que dos de los tres estudios se hicieron hace más de tres lustros, exigen que los resultados sean asumidos con prudencia hoy y sugieren nuevas investigaciones para corroborarlos, matizarlos o ampliarlos.

Recientemente, en el marco del Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (Bennassar *et al.*, 2010), se han analizado cuantitativamente las concepciones sobre NDC de amplias muestras de estudiantes y profesorado de diferentes niveles educativos. Se confirman parte de las concepciones señaladas; pero la porción de EPEP fue relativamente pequeña, quedando sus resultados demasiado diluidos en la muestra total como para obtener conclusiones sólidas.

Objetivos de la investigación

De acuerdo con este panorama, y dado que la integración de la NDC en el aula demanda un planteamiento reflexivo (Acevedo, 2008; Lederman, 2007), la evaluación de las concepciones sobre dicha naturaleza debe orientarse a conocer los matices que la componen para diseñar planes formativos de su enseñanza bien fundamentados. En investigaciones donde se han analizado las concepciones del profesorado en ejercicio sobre NDC, combinando los enfoques cuantitativo y cualitativo, este último permitió dar mayor sentido y significado a esas concepciones (Tamayo, Sánchez y Buriticá, 2010). Es oportuno, pues, plantear investigaciones cualitativas para profundizar en esta temática.

En consonancia con las ideas generales sobre NDC, expuestas en el cuadro 1, la atención del diagnóstico en este estudio se centró en las ideas siguientes:

- 1) influencia del conocimiento científico vigente en las nuevas investigaciones, que se relaciona con las ideas de *conocimiento tentativo, evidencia empírica y ciencia y sociedad*;

- 2) objetividad/subjetividad de la ciencia y los científicos, que se relaciona con la idea general del mismo nombre;
- 3) interpretaciones discrepantes ante los resultados de un experimento, que se relaciona con las ideas sobre *observación e inferencia, conocimiento tentativo y objetividad y subjetividad*;
- 4) papel de las disputas y controversias entre científicos en el desarrollo de la ciencia, que se relaciona con *conocimiento tentativo, evidencia empírica y objetividad y subjetividad*.

Las razones principales por las que se seleccionaron tales aspectos de NDC fueron: *a)* han sido menos abordados en estudios previos de diagnóstico sobre ideas de naturaleza de la ciencia de EPEP, especialmente el referido a la objetividad/subjetividad de la ciencia y los científicos; y *b)* su comprensión puede tener una clara incidencia en el modo de desarrollar la ciencia escolar. En efecto, la influencia del conocimiento vigente en las nuevas investigaciones se puede relacionar con la importancia de tener en cuenta las ideas previas de los alumnos cuando abordan un nuevo aprendizaje en clase de ciencia. La objetividad/subjetividad de la ciencia cobra especial relevancia con la necesidad de llegar a acuerdos o consensuar conclusiones (procesos de “intersubjetividad escolar”) como parte del proceso de construcción de nuevos aprendizajes. Las interpretaciones discrepantes que suelen darse entre los científicos ante los resultados de un experimento deberían inspirar al profesor a promover, en clase, el diálogo y el respeto a las ideas de los demás, mientras se discute sobre la interpretación de un fenómeno. Y esas discusiones, basadas en un diálogo respetuoso y con presencia de pensamiento divergente, son propicias para elaborar argumentos más ricos en la elaboración de conocimientos más adecuados y robustos; algo que han puesto de manifiesto las numerosas controversias entre científicos a lo largo de la historia de la ciencia.

Pero, antes de eso, se requiere hacer una evaluación diagnóstica de las creencias de EPEP para orientar el diseño del plan formativo correspondiente. Con todo, los objetivos de la investigación se concretaron en:

- 1) realizar una evaluación diagnóstica de las concepciones previas de EPEP sobre los aspectos de NDC señalados; y
- 2) esbozar algunas implicaciones didácticas derivadas de la evaluación diagnóstica para el diseño de un plan formativo al respecto.

Aspectos metodológicos

Participantes y contexto

Participaron 67 EPEP (49 mujeres y 18 hombres) de un grupo-clase de la asignatura Didáctica de las ciencias experimentales, correspondiente al segundo curso del grado en educación primaria de una universidad española. La muestra de la investigación fue de conveniencia (no probabilística), conformada por los estudiantes disponibles en el aula.

Más de la mitad de la muestra accedió desde el bachillerato de humanidades o desde ciclos formativos de grado superior de la rama de educación, a los que se accede con el título de bachillerato (o, a veces, por una prueba específica para mayores). Por tanto, muchos debieron haber cursado la asignatura Ciencias para el mundo contemporáneo, que incluye algunos contenidos relacionados con la NDC. No obstante, esta materia no parece haber tenido el efecto pretendido en la práctica respecto al aprendizaje de aspectos sobre naturaleza de la ciencia, según revela un estudio reciente (Vázquez *et al.*, 2014).

En el grado en educación primaria, los estudiantes cursan tres asignaturas cuatrimestrales de ciencias durante el primer año, que no incluyen objetivos de aprendizaje de NDC. Por tanto, puede decirse que los participantes no habían recibido prácticamente enseñanza explícita sobre ella en el momento de la investigación.

Obtención de la información y método de análisis

Con el fin de llevar a cabo el diagnóstico, se elaboró un cuestionario para su cumplimentación por escrito. Se optó por un enfoque descontextualizado de los aspectos de NDC seleccionados, con la intención de hacer un primer diagnóstico general que no estuviese condicionado por las peculiaridades de un determinado tópico científico. Las cuestiones fueron diseñadas para suscitar en los EPEP respuestas abiertas, fruto de la reflexión en torno a tales aspectos de naturaleza de la ciencia. En sintonía con lo que señala Clough (2011), la evaluación de concepciones sobre NDC es más efectiva cuando las cuestiones invitan a pensar en profundidad. En el diseño de las cuestiones fue fundamental la amplia experiencia de los investigadores en actividades de enseñanza orientadas a que los estudiantes reflexionen sobre aspectos de NDC (García-Carmona, 2012, 2015), y en la evaluación de concepciones sobre dicha naturaleza en general (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Vázquez *et al.*, 2014).

Los participantes estaban habituados a trabajar en pequeños grupos de tres o cuatro componentes (19 grupos en total: G_i , con $i = 1, \dots, 19$), así pues, tenían bien desarrollada la competencia de trabajo en equipo y, por ello, respondieron a las preguntas del cuestionario también en grupo. La decisión adoptada se apoya en que la interacción de varios individuos puede dar lugar a respuestas más completas, ya que los participantes tienen que elaborar una opinión común que conjugue los distintos puntos de vista de los miembros del equipo (Salmerón, 2013). Para ello, se animó en todo momento a los distintos grupos para que sus respuestas surgieran de una discusión inicial y el posterior consenso entre todos los miembros. También se les aclaró que si había opiniones divergentes, que imposibilitaran consensuar una respuesta común, se podían expresar las distintas posiciones ante una misma pregunta. El tiempo empleado para la cumplimentación fue de 1.5 horas aproximadamente.

CUADRO 2

Cuestiones utilizadas para diagnosticar las creencias de EPEP sobre NDC

-
- C.1 ¿De qué manera piensas que influye el conocimiento científico vigente, en cada época, en las investigaciones que se realizan para el avance de la ciencia?
 - C.2 (a) ¿Por qué crees que suele decirse que la ciencia es objetiva? (b) Y los científicos, ¿son objetivos en su trabajo? ¿Por qué?
 - C.3 Si dos científicos ilustres interpretan de manera distinta los resultados de un mismo experimento, ¿qué crees que suele ocurrir en estos casos?
 - C.4 ¿De qué modo piensas que influye en el desarrollo de la ciencia que entre científicos existan disputas, controversias, diferentes interpretaciones... cuando estudian un determinado fenómeno?
-

El carácter abierto de las preguntas exigió una evaluación interpretativa de las respuestas mediante una combinación de los métodos de análisis inter- e intra-observadores (Padilla, 2002). Se trataba con ello de encontrar, en primer lugar, tendencias en las respuestas de los EPEP y, luego, clasificarlas en concepciones adecuadas, inadecuadas o parcialmente adecuadas,

de acuerdo con el marco de ideas generales sobre NDC establecido en el cuadro 1. Dicha clasificación se hizo con los siguientes criterios:

- 1) *Respuesta adecuada*: incluye argumentos que sintonizan significativamente con las concepciones consideradas como válidas, según el marco de ideas sobre NDC definido.
- 2) *Respuesta parcialmente adecuada*: no es adecuada por completo, pero incluye argumentos que sintonizan, en parte, con el marco de ideas sobre NDC definido.
- 3) *Respuesta inadecuada*: incluye argumentos que contradicen o se alejan considerablemente de la concepción considerada como válida, respecto al marco de ideas sobre NDC definido.

Los investigadores hicieron una primera clasificación de las respuestas por separado. El grado de coincidencia inicial fue muy alto (superior a 80%) al comparar sus clasificaciones. Las discrepancias eran debidas, sobre todo, a la posibilidad de clasificar determinadas respuestas de varias formas porque incluían alusiones a más de uno de los aspectos de NDC tratados. Con una revisión y discusión conjunta de esa primera clasificación, se consiguió un primer consenso pleno. Tras un tiempo se volvieron a revisar por separado todas las respuestas para su posterior puesta en común. Esta última revisión permitió hacer algunos ajustes consistentes en nuevas reagrupaciones de las respuestas y obtener una clasificación con un número de categorías más reducido.

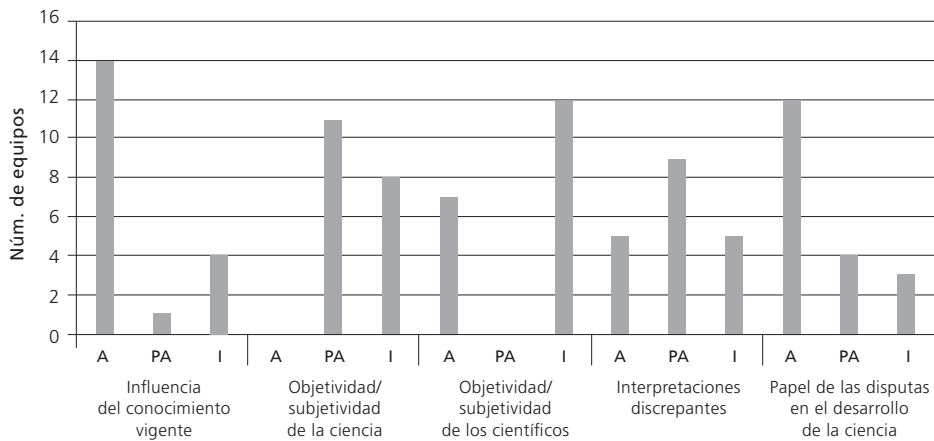
Asimismo, para atender a criterios de objetividad en el análisis, se recurrió al uso de descriptores de baja inferencia (Seale, 1999), que son las respuestas literales de los equipos incluidas en el siguiente apartado. Con ello se pretende que los resultados y conclusiones de la investigación puedan ser confirmados también por observadores externos (los lectores, en este caso).

Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos a partir de las respuestas de los equipos a las cuestiones planteadas. Una síntesis de estos se recogen en el cuadro 3, donde se indican las tendencias o patrones de respuestas (concepciones) y su clasificación en adecuadas, inadecuadas o parcialmente adecuadas. Asimismo, en la gráfica 1 se ofrece la distribución de tales clasificaciones de respuestas para cada una de las cuestiones.

GRÁFICA 1

Distribución del número de respuestas adecuadas (A), parcialmente adecuadas (PA) e inadecuadas (I) en cada una de las cuestiones



Influencia del conocimiento científico vigente en las nuevas investigaciones

Las respuestas de dos equipos a la cuestión 1 fueron confusas o irrelevantes. Siete equipos consideraron que la ciencia tiene un carácter dinámico y, por tanto, que el conocimiento científico vigente sirve de base y orientación para las investigaciones nuevas.

G4: Las nuevas investigaciones amplían ese conocimiento científico previamente establecido y abren nuevos campos.

G14: La ciencia está siempre en construcción y para seguir avanzando es necesario basarse en los conocimientos anteriores.

Tres equipos sostuvieron que, aunque el conocimiento vigente orienta la construcción de nuevos conocimientos, también influyen otros factores como la economía, la política de investigación, desarrollo e innovación, etc.:

G10: Influyen mucho ya que si tiene una buena base de conocimientos científicos ya afianzados es posible investigar más fácilmente nuevas cosas. También influyen otros factores como la economía del país y el dinero que se dedica a la investigación científica.

Otros tres equipos manifestaron que el conocimiento científico actual puede influir de dos modos en las nuevas investigaciones: positivamente, en el sentido señalado con anterioridad y, negativamente, porque el fuerte arraigo de este conocimiento en la comunidad científica (los equipos dicen sociedad) puede obstaculizar o ralentizar que se acepten los nuevos conocimientos:

G7: Influye de dos maneras: 1) la positiva: que la nueva investigación puede apoyarse en datos ya recogidos previamente tanto para “ampliar” la investigación como para desmentirla; 2) la negativa: que los conocimientos científicos establecidos se arraigan mucho en la sociedad y en caso de que la nueva investigación demuestre que son erróneos, será muy difícil para los científicos modificar esas convicciones previas.

Un equipo afirmó que el conocimiento científico vigente es un obstáculo para las nuevas investigaciones:

G17: El conocimiento científico vigente obstaculiza la ciencia que está por venir porque es muy complicado cambiar la mentalidad de los científicos como miembros de la sociedad, sobre todo si los cambios son radicales.

Dos equipos más reconocieron que el conocimiento científico de hoy tiene una clara influencia en las nuevas investigaciones, pero señalaron que esa influencia no ha sido igual a lo largo de la historia de la ciencia. Opinaron que el conocimiento científico actual es más sólido que el de épocas pasadas, sobre todo por los medios tecnológicos disponibles y, por ello, será mucho más influyente en las nuevas investigaciones. Uno de estos equipos incluso comentó que los científicos eran intuitivos en el pasado y asumían acríticamente los conocimientos aportados por otros:

G12: En épocas anteriores se agarraban a un conocimiento diferente en el cual solo creían lo que veían, es decir, se fiaban de su intuición y no se paraban a estudiar ni verificar los experimentos que los supuestos científicos daban como la verdadera teoría, hasta que aparecía una serie de científicos que daban una nueva información, llegando a un estudio más detallado y también a nuevas conclusiones. Actualmente influyen los nuevos avances tecnológicos en los que se encuentran los nuevos medios para obtener información [datos científicos]

y aunque no esté totalmente concluida, la ciencia ha ido evolucionando y se llega a nuevas teorías que han sido demostradas por científicos más cualificados. G15: Desde que nace la ciencia hasta la actualidad se han producido numerosos avances científicos; esto se debe a las diferentes épocas por las que la ciencia ha pasado, ya que antes el hombre no disponía de los recursos que ahora se posee. Por ello sus avances eran más arcaicos y actualmente se han convertido en una fuente totalmente modernizada, puesto que hoy en día podemos decir que la ciencia se encuentra estrechamente relacionada con los nuevos avances tecnológicos.

Por último, un equipo admitió la provisionalidad del conocimiento científico ya que, en efecto, influye en las nuevas investigaciones porque es el considerado válido en ese momento; pero que, a la vez, se ve sometido a pruebas por esas nuevas investigaciones:

G9: El conocimiento científico se muestra como algo cierto hasta que no se demuestre lo contrario. Las nuevas investigaciones amplían ese conocimiento científico previamente establecido.

Objetividad/subjetividad de la ciencia y los científicos

En relación con la objetividad de la ciencia (cuestión 2.a), solamente un equipo expresó una respuesta de escasa relevancia. Once equipos señalaron que la ciencia es objetiva porque sus conocimientos se pueden demostrar empíricamente:

G6: La ciencia es objetiva porque estudia fenómenos naturales y no solo analiza un hecho sino que se obtienen datos generales; si la ciencia fuese subjetiva la tesis solo sería válida para el hecho estudiado; sin embargo las tesis científicas deben corroborarse en todos los fenómenos que tengan las mismas características que el estudiado.

G10: Porque se basa en hechos que están o pueden ser demostrados y porque para que una hipótesis se considere un conocimiento científico debe haberse demostrado a través de experimentos en los que siempre pasa lo mismo y siempre se llega al mismo resultado.

Cuatro equipos sostuvieron que la ciencia es objetiva porque sus conocimientos son verdades incuestionables:

G12: ... porque busca explicar verdades comprobables, sin errores y definitivos.

G14: Creemos que la ciencia en sí es objetiva porque es una verdad universal que ha sido demostrada en un determinado momento histórico.

Y tres equipos expresaron que la ciencia es objetiva porque su construcción se basa en el método científico:

G15: La ciencia es objetiva porque debe basarse en el método científico, es decir, que debe estar comprobada con ciertos datos empíricos de la realidad.

En cuanto a la objetividad o subjetividad de los científicos (cuestión 2.b), dos equipos emitieron respuestas irrelevantes para el análisis. Diez estimaron que los científicos son objetivos, o deberían serlo, porque se dedican a la ciencia, la cual se caracteriza por su objetividad:

G16: Nosotras pensamos que deberán serlo porque si no trabajan con la ciencia de una manera objetiva, luego no podrán demostrar esos conocimientos que se supone que son universales a toda la sociedad.

G17: Suponemos que deben serlo ya que la ciencia que pretenden investigar, demostrar, enseñar... si no se puede comprobar, no tiene sentido llamarla así, porque algo que caracteriza a la ciencia es que se puede comprobar y demostrar.

No obstante, otros siete equipos opinaron que los científicos no son siempre objetivos porque están influidos por sus propias expectativas, alineamientos con determinadas posiciones científicas, convicciones personales, creencias culturales y religiosas, etcétera.

G14: Creemos que los científicos no son objetivos porque se encuentran influidos por las teorías anteriores, las creencias que imperan en ese momento, la cultura, la religión que decanta a unos pensamientos u otros a una teoría; por otra parte, otras compañeras piensan que los científicos al principio son objetivos ya que se deben basar en teorías demostradas pero cuando desarrolle la teoría es subjetivo porque intenta demostrar lo que piensa.

G15: En teoría los científicos deberían ser objetivos, aunque nosotros pensamos que en realidad no es así porque siempre tienden a llevar su estudio a su ámbito de ver la realidad y de entenderla. Es por ello que dentro de la comunidad científica existen numerosos enfrentamientos a la hora de debatir sobre un tema determinado.

Interpretaciones discrepantes ante los resultados de un experimento

Respecto a lo que suelen hacer los científicos cuando se interpretan de manera diferente los resultados de un mismo experimento (cuestión 3), cuatro equipos dieron respuestas confusas, irrelevantes o no respondieron. Cinco equipos consideraron que no habrá acuerdo entre los científicos; cada uno defenderá su posición y la comunidad científica se dividirá en partidarios de uno y otro:

G10: [...] este caso podría darse por la objetividad del científico que quizás quiera demostrar algo que piensa y ve en el experimento algo que no es común para todos los demás. Creemos que después de esto la comunidad científica quedaría dividida entre los que apoyan a uno y al otro.

G19: Creemos que en este caso se crearán debates y discusiones sobre ambas opiniones. Ninguna de las partes llegará a un acuerdo.

Otros cinco equipos consideraron que se intentará buscar cuál de las dos interpretaciones es la más acertada:

G1: [...] que uno de los científicos habrá llegado a una conclusión errónea o en el caso en que las dos parezcan correctas, investigar qué ha podido ocurrir para obtener dos conclusiones diferentes.

Dos equipos explicaron por qué pueden llegar dos científicos a posiciones discrepantes cuando interpretan un fenómeno científico: prejuicios, intereses personales, alineamientos científicos, etcétera, sin incidir en lo que sucede en estos casos en la comunidad científica:

G6: Creemos que los científicos tienen en cuenta factores diferentes, ya que uno le da más importancia a una cosa que el otro, quizás también partan de creencias distintas y eso les hace tener distintos puntos de vista sobre un mismo hecho;... pensamos que también pueden moverse por intereses distintos.

Otros dos equipos señalaron que la comunidad científica se decidirá por aquella teoría que resulte más lógica, más ventajosa o fácil de entender:

G8: La sociedad o la comunidad científica aceptará el experimento que vea más completo, con más lógica y más fácil de entender.

Por último, un equipo consideró la posibilidad de que pudieran existir dos interpretaciones distintas y, al mismo tiempo, válidas o demostradas sobre un mismo fenómeno científico:

G3: ...si ambas teorías están aprobadas y se pueden demostrar, cada científico defenderá la suya.

Papel de las disputas y controversias entre científicos en el desarrollo de la ciencia

En la cuarta cuestión, tres equipos dieron respuestas confusas, irrelevantes o en blanco. Doce equipos consideraron positivas las controversias entre científicos para el avance de la ciencia y dieron dos argumentos desde esta perspectiva.

Por un lado, ocho equipos destacaron que las controversias científicas obligan a profundizar en las investigaciones, corrigiendo errores, afinando en el establecimiento de hipótesis y en la obtención e interpretación de resultados, para intentar así llegar conclusiones científicas más sólidas.

G2: Estamos de acuerdo con la idea de que serán muy beneficiosas estas disputas. Esto ayudaría a la corrección de errores, matización de lo conocido [...] Pensamos que lo más interesante de todo esto es que el avance sería eficaz.

G15: Pensamos que estas controversias dentro de la comunidad científica tienen un carácter positivo para el desarrollo de la ciencia. ... diferentes perspectivas ayudan a indagar más en profundidad el objeto de estudio, pues lo importante son los contrastes entre las diferentes ideas planteadas para después sacar conclusiones.

Por otro lado, cuatro equipos señalaron que las controversias exigen profundizar con nuevas investigaciones hasta lograr el máximo consenso sobre las conclusiones entre los científicos, lo que ayudará a que estas sean más firmes.

G10: Pensamos que influye positivamente ya que un grupo de científicos puede mostrar distintas opiniones e ideas que, al ponerlas en común y discutir sobre ellas, se llega a un resultado común más completo que el de un solo científico, y todo esto nos hace llegar a un mejor conocimiento científico.

Finalmente, en cuatro equipos sucedió que sus componentes sostuvieron dos puntos de vista diferentes, sin conseguir un acuerdo. Una parte consideró que

las controversias entre los científicos pueden ser positivas para la construcción de la ciencia y, otra, que son negativas. Positivas porque influyen en que los científicos afinen sus investigaciones y negativas porque pueden obstaculizar su avance.

G5: Una parte de nosotros está de acuerdo en que las disputas, controversias o diferentes interpretaciones llevan a que emerjan diferentes y numerosas situaciones en las que se pongan de manifiesto todos estos puntos de vista, con el fin de llegar a un mismo acuerdo. Otra parte de nuestro equipo piensa que tantos puntos de vista y controversias pueden llevar a un desacuerdo total, es decir, no conseguir una teoría común.

CUADRO 3

Síntesis de los resultados con las creencias de EPEP ante las cuestiones de NDC planteadas

Aspecto de la NDC	Concepciones (tendencias y categorías)*	Núm. de equipos
Influencia del conocimiento científico vigente en las nuevas investigaciones	La ciencia tiene un carácter dinámico y, por tanto, el conocimiento vigente actúa de base u orientación aportando ideas, recursos, etc. [A]	7/19
	Hay dos tipos de influencia del conocimiento científico vigente en las nuevas investigaciones, uno positivo (que sirve de apoyo) y otro negativo (que obstaculiza su avance). [A]	3/19
	El conocimiento vigente orienta la construcción de nuevos conocimientos, aunque también influyen otros factores como la economía, la política, etc. [A]	3/19
	El conocimiento científico vigente tiene influencia en las nuevas investigaciones, pero esa influencia no ha sido igual a lo largo de la historia de la ciencia. El actual es mucho más influyente, o decisivo, en las nuevas investigaciones. [I]	2/19
	El conocimiento científico vigente es un obstáculo para las nuevas investigaciones. [PA]	1/19
	El conocimiento vigente influye en tanto que se considera válido (cierto), aunque, en todo caso, se está sometiendo a pruebas en las nuevas investigaciones. [A]	1/19
	Respuestas en blanco, confusas o irrelevantes.	2/19

CUADRO 3 / CONTINUACIÓN

Aspecto de la NDC	Concepciones (tendencias y categorías)*	Núm. de equipos
Objetividad / subjetividad de la ciencia y los científicos	(a) Objetividad/subjetividad de la ciencia:	
	La ciencia es objetiva porque sus conocimientos se pueden demostrar empíricamente. [PA]	11/19
	La ciencia es objetiva porque sus conocimientos son verdades incuestionables sobre la realidad. [I]	4/19
	La ciencia es objetiva porque su construcción está sistematizada y/o basada en el método científico. [I]	3/19
	Respuestas en blanco, confusas o irrelevantes.	1/19
	(b) Objetividad/subjetividad de los científicos:	
	Los científicos son objetivos o, al menos, deberían serlo porque se dedican a la ciencia, que se caracteriza por su objetividad. [I]	10/19
	Los científicos no son siempre objetivos (influyen intereses personales, alineamientos científicos, convicciones personales, creencias culturales y religiosas,...). [A]	7/19
	Respuestas en blanco, confusas o irrelevantes.	2/19
	Interpretaciones discrepantes ante los resultados de un experimento	Ante la falta de acuerdo, cada científico defenderá su posición y la comunidad científica quedará dividida en partidarios de uno y otro. [A]
Se intenta buscar cuál de las dos interpretaciones es la más acertada. [PA]		5/19
La comunidad científica se decide por aquella teoría que resulte más lógica, más ventajosa. [PA]		2/19
Cada científico tiene distintas interpretaciones debido a prejuicios, intereses personales, convicciones científicas... [PA]		2/19
Puede haber dos interpretaciones distintas y consideradas válidas (demostradas) sobre un mismo fenómeno. [I]		1/19
Respuestas en blanco, confusas o irrelevantes.		4/19
Papel de las disputas y controversias entre científicos en el desarrollo de la ciencia	Las controversias entre los científicos son positivas en la construcción de la ciencia: obligan a profundizar más en las investigaciones corrigiendo errores, afinando el establecimiento de hipótesis, la obtención e interpretación de resultados, con vistas a obtener conclusiones científicas más sólidas. [A]	8/19
	Las controversias entre los científicos son positivas en la construcción de la ciencia: exige profundizar con nuevas investigaciones hasta lograr el máximo consenso entre los científicos sobre las conclusiones, lo que hará que estas sean más robustas. [A]	4/19
	Las controversias entre los científicos pueden ser positivas (se afina más) o negativas (obstaculizan) en la construcción de la ciencia. [PA]	4/19
	Respuestas en blanco, confusas o irrelevantes.	3/19

* [A]: concepción adecuada; [I] concepción inadecuada; [PA] concepción parcialmente adecuada

Discusión

Los resultados muestran debilidades, pero también se observan potencialidades en las concepciones de EPEP sobre naturaleza de la ciencia; lo cual es en sí una novedad destacable, ya que la bibliografía suele transmitir una visión negativa de las concepciones de estudiantes y profesorado (Lederman, 2007).

Como en dos de los estudios precedentes, se evaluaron las concepciones sobre la naturaleza dinámica de la ciencia. Sin embargo, a diferencia de ellos, el foco se ha puesto aquí en la influencia del conocimiento vigente en las nuevas investigaciones. Se expresan opiniones mayoritariamente adecuadas al considerar el carácter dinámico de la ciencia, que avanza gracias al conocimiento científico vigente en cada momento y que sirve de base para las nuevas investigaciones, aunque en muchas ocasiones también ralentiza el avance de la ciencia e incluso puede llegar a obstaculizarlo durante un tiempo. Por otra parte, solo un equipo menciona el carácter tentativo del conocimiento científico entre las respuestas adecuadas y ninguno señala que ha tenido estancamientos y periodos de crecimiento irregular (Guisasola y Morentin, 2007).

Asimismo, en algunas respuestas consideradas adecuadas se hace referencia explícita a la influencia de factores sociales como la economía y la política, lo que supone cierto avance en comparación con los resultados mostrados en los estudios anteriores. Otra novedad detectada es que la influencia del conocimiento establecido en el pasado fue de menor calidad que en el presente. Esta idea inadecuada, aunque manifestada solo por dos grupos, sugiere la necesidad de profundizar en este aspecto, dada su importancia para entender la NDC cuando se usa la historia de la ciencia. El análisis del pasado solo con criterios de hoy, obviando el contexto de la época, es un anacronismo.

A diferencia de los estudios anteriores, en este se aborda explícitamente la existencia de factores objetivos y subjetivos en la ciencia y en los científicos; un aspecto de NDC sobre el que se detectan respuestas adecuadas e inadecuadas, aunque predominan las últimas. En un número apreciable de respuestas adecuadas se hace alusión a la influencia de factores como las teorías establecidas, que sirven de orientación para las nuevas investigaciones, así como la cultura, la religión y las creencias de la época (ciencia y sociedad). Por tanto, se apunta, por un lado, a la carga teórica que guía las investigaciones científicas (no se construye ciencia experimentando solamente), y a que los experimentos e interpretaciones de los científicos pueden ser diferentes si creen en teorías distintas (diversidad inferencial).

Por otro lado, también se señalan algunos aspectos no epistémicos como las creencias e intereses personales de los científicos que ponen de relieve la subjetividad en sus investigaciones.

No obstante, como en estudios anteriores, surge la creencia inadecuada de que la objetividad de la ciencia y de los científicos es debida a que se construye mediante el método científico; o bien a que puede demostrarse empíricamente. La idea de un método científico universal es una ingenuidad bastante arraigada, que ignora la pluralidad metodológica de enfoques y estrategias en sus investigaciones.

La referencia a que el conocimiento científico es objetivo porque se puede comprobar empíricamente requiere, en cambio, una breve discusión. Albert Einstein decía que el conocimiento científico, una vez establecido, es lo más objetivo que existe, aunque su construcción está cargada de subjetividad. Esta reflexión sugiere que las respuestas que asumen la objetividad de la ciencia por su demostrabilidad empírica pueden clasificarse como parcialmente adecuadas, aunque incompletas por falta de matiz. En efecto, el conocimiento científico debe ser comprobado experimentalmente en última instancia; por tanto, si se pone el foco en el producto final, la idea anterior podría ser asumible (evidencia empírica). Sin embargo, es incompleta porque ignora que las investigaciones científicas se apoyan en teorías; es decir, se desarrollan mediante procesos de (re)interpretación y (re)construcción de teorías (carácter tentativo del conocimiento), no solo a partir de datos (evidencia empírica). Por ello, aunque el conocimiento sea firme cuando se acepta, puede cambiar con el tiempo. La enseñanza de la NDC debe insistir en esto para evitar la visión ingenua de que los conocimientos científicos son verdades incuestionables.

La atención a las interpretaciones discrepantes de los científicos ante los resultados de un experimento, y a la resolución de las controversias científicas, es otra de las novedades de este estudio. Respecto de lo primero, se emiten algunas respuestas adecuadas, como que la comunidad científica se dividirá cuando se producen interpretaciones discrepantes de los resultados de un experimento (diversidad inferencial ante mismas observaciones). Asimismo, se dan explicaciones parcialmente adecuadas que indican algunos motivos parciales por los que pueden existir desacuerdos entre los científicos, tales como insuficiencia de hechos, diferentes teorías para interpretarlos, distintas opiniones personales y valores morales, presiones económicas y/o políticas, etc. La creencia inadecuada detectada, en este

caso, alude a la posibilidad de que puedan ser validadas empíricamente dos explicaciones científicas sobre un mismo fenómeno.

La mayoría de los equipos dan respuestas adecuadas sobre el papel positivo de las disputas entre los científicos, motivándolas de diversas maneras. Asimismo, hay unas cuantas que señalan que tales enfrentamientos podrían suponer un obstáculo en determinadas situaciones o momentos de las investigaciones. Aunque lo que afirman es cierto, estas respuestas se han considerado parcialmente adecuadas, porque son incompletas al no considerar al mismo tiempo el papel positivo que ejercen las controversias científicas para el avance de la ciencia. Hay que tener presente que los científicos cometen errores en su trabajo que pueden retrasar el progreso de la ciencia pero, si son detectados y corregidos, pueden lograr nuevos avances.

Se termina esta discusión asumiendo que, como cualquier metodología e instrumento de evaluación, el método de diagnóstico empleado en esta investigación tiene ventajas y limitaciones. Los resultados obtenidos no pueden generalizarse, básicamente por el carácter no probabilístico de la muestra participante. Pero pueden ser interesantes para propiciar nuevas investigaciones, en contextos formativos similares de EPEP, que profundicen en los aspectos tratados, corroborando, matizando o ampliando los obtenidos en esta investigación.

Por otra parte, el hecho de que se pueda utilizar la metodología propuesta en condiciones habituales de aula es una ventaja, si se tiene en cuenta la escasez de tiempo disponible normalmente durante el curso académico. Sin necesidad de recurrir a otros métodos de diagnóstico adicionales como, por ejemplo, entrevistas individuales, se puede lograr un buen diagnóstico de creencias sobre aspectos de NDC. La posibilidad de que los EPEP pudieran reflexionar y dar una explicación consensuada de sus opiniones, ha permitido encontrar algunos matices y novedades respecto de lo que se ha mostrado hasta ahora en la bibliografía. Por tanto, este modo de profundizar en el tema podría ser útil para avanzar en la evaluación de concepciones sobre NDC; aunque para ello es necesario que los estudiantes tengan cierta competencia a la hora de elaborar argumentos en grupo.

Algunas implicaciones para la formación de estudiantes de profesorado de primaria

Los objetivos de aprendizaje sobre NDC deben ser relativamente modestos en la formación de EPEP (Matthews, 2012). No se trata de que lleguen a

ser expertos, sino de que alcancen un conocimiento básico para introducir en sus clases nociones elementales sobre el tópico. Un reto educativo importante, sin duda, en contextos formativos como el español, con escasa tradición en la enseñanza de la NDC.

En este estudio de diagnóstico se escogió un enfoque descontextualizado de las cuestiones de naturaleza de la ciencia, con el propósito de que las concepciones que emergieran de los EPEP tuviesen un carácter transversal; es decir, no condicionadas por el contexto de un contenido específico de ciencia. La razón principal era orientar el diseño de un plan de formación para que los estudiantes adquieran una comprensión de ciertos aspectos de NDC, que inciten a promover procesos de aprendizaje de la ciencia coherentes con el trabajo de los científicos. Cabe resaltar que los resultados obtenidos aportan una valiosa información para la concreción del plan, de acuerdo con lo expuesto en la discusión de estos.

En el desarrollo del plan de formación derivado de este primer diagnóstico se tratará, además, de seleccionar aquellos contenidos del currículo más propicios para la comprensión de los distintos aspectos de la NDC. Esto se fundamenta en el hecho de que el contexto de determinados contenidos de ciencia pueden ser más propicios que otros para favorecer dicha comprensión (Guerra, Ryder y Leach, 2010; Yoon y Kim, 2016). No obstante, se procurará complementarlo con el enfoque descontextualizado. Algunos estudios (Akerson y Donnelly, 2010) han puesto de manifiesto la eficacia de la combinación de los enfoques contextualizado y descontextualizado en el aprendizaje de nociones de la naturaleza de la ciencia.

Atendiendo a las implicaciones del presente diagnóstico, el plan de formación de los estudiantes del profesorado de primaria en NDC debe partir de sus potencialidades y debilidades comprensivas sobre ella. Las potencialidades permiten pasar más rápidamente a enfoques y estrategias didácticas que posibiliten la integración de los aspectos de la naturaleza de la ciencia correspondientes. Por ejemplo, si los EPEP tiene asimilado que los científicos discuten y pueden tener opiniones diferentes respecto a un problema o proceso de investigación, posiblemente serán más receptivos a enfoques que promuevan actividades de ciencia escolar basadas en la discusión de ideas, el respeto a las valoraciones de los demás, la necesidad de hacer comprobaciones para consensuar qué conclusión es más adecuada, etc. Del mismo modo, si conciben los errores cometidos por los científicos en sus investigaciones como oportunidades para recon-

ducir o refinar sus experimentos, tal vez gestionen mejor en sus aulas los errores de sus estudiantes; es decir, superando la idea de error como algo negativo, o fracaso, para concebirlo como algo difícilmente evitable, del que debe tomarse conciencia y partir de él en el aprendizaje de la ciencia. Obviamente, ello debe promoverse de manera explícita y reflexiva en los programas de formación de EPEP, tal y como sugiere la investigación sobre enseñanza de NDC (Acevedo, 2009).

Respecto de las debilidades, habrá que promover estrategias que hagan posible que los EPEP tomen conciencia de sus limitaciones y consigan hacer evolucionar sus creencias poco informadas hacia otras más adecuadas y, a la vez, que estas estrategias les sirvan de referentes didácticos útiles para la educación primaria con las adaptaciones pertinentes. Por ejemplo, es importante que estos estudiantes comprendan que la objetividad de la ciencia está precedida de procesos de intersubjetividad dentro de la comunidad científica, donde se argumentan interpretaciones diferentes para luego decidir cuál es la más convincente. Esto ayudará a evitar planteamientos dogmáticos de la ciencia escolar y promover en el aula actividades más abiertas con dinámicas de argumentación para su resolución, tales como juegos de rol sobre cuestiones sociocientíficas de controversia; o la realización de actividades experimentales que impliquen hacer inferencias a partir de las observaciones realizadas y su correspondiente discusión. Ambos recursos pueden ser eficaces para implementar la NDC en la formación de EPEP, siempre que vayan acompañados de tareas que inviten de forma explícita a una reflexión sobre tales aspectos (Clough, 2011). Así, al inicio de una actividad experimental, se puede preguntar a los EPEP sobre lo que esperan observar con el experimento; qué piensan que será esencial para contestar a la pregunta planteada, si es lo que observen o lo que interpreten a partir de esa observación; qué aspectos les puede condicionar a que hagan una interpretación u otra, etc. (García-Carmona, 2012). Algo parecido puede hacerse en otros momentos de una actividad experimental, así como en cualquier otro contexto de enseñanza que se escoja para abordar la NDC y su didáctica en la formación de EPEP.

En todo caso, lo anterior solo podrá llegar a ser educativamente efectivo si los formadores de estudiantes del profesorado de educación primaria empiezan a tomar verdadera conciencia de la necesidad de integrar la naturaleza de la ciencia en sus planes de formación, en aras de contribuir mejor a la alfabetización científica básica que hoy se demanda.

Notas

¹ Este estudio forma parte del proyecto de I+D EDU2013-41003-P, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (España).

² Por ejemplo, en Estados Unidos son habituales los programas de formación de profesorado

específicos sobre la NDC y su enseñanza, bien a través de asignaturas regladas dentro del grado universitario, o mediante cursos de verano complementarios, intensos y extensos; algo que no suele suceder en los países de Iberoamérica.

Referencias

- Abd-El-Khalick, Fouad (2012). "Examining the sources for our understandings about science: enduring conceptions and critical issues in research on nature of science in science education", *International Journal of Science Education*, vol. 34, núm. 3, pp. 353-374.
- Acevedo, José Antonio (2008). "El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 5, núm. 2, pp. 134-169.
- Acevedo, José Antonio (2009). "Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 6, núm. 3, pp. 355-386.
- Acevedo, José Antonio (2010). "Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 7, núm. 3, pp. 653-660.
- Acevedo, José Antonio y García-Carmona, Antonio (2016). "«Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 13, núm. 1, pp. 3-19.
- Acevedo, José Antonio; Vázquez, Ángel; Acevedo, Pilar y Manassero, María Antonia (2002). "Un estudio sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad", *Tarbiya*, núm. 30, pp. 5-27.
- Acevedo, José Antonio; Vázquez, Ángel y Manassero, M. A. (2002). "Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores", *Revista de Educación*, núm. 328, pp. 355-382.
- Akerson, Valerie y Abd-El-Khalick, Fouad (2003). "Teaching elements of nature of science: a yearlong case study of a fourth-grade teacher", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40, núm. 10, pp. 1025-1049.
- Akerson, Valerie; Morrison, Judith y McDuffie, Amy (2006). "One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 43, núm. 2, pp. 194-213.
- Akerson, Valerie y Donnelly, Lisa (2010). "Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain?", *International Journal of Science Education*, vol. 32, núm. 1, pp. 97-124.
- Banet, Enrique (2010). "Finalidades de la educación científica en educación secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 28, núm. 2, pp. 199-214.
- Bell, Randy (2009). "Teaching the nature of science: Three critical questions", en *Best Practices in Science Education*, Carmel, CA: National Geographic School Publishing.

- Bell, Randy; Matkins, Juanita y Gansneder, Bruce (2011). "Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 48, núm. 4, pp. 414-436.
- Bennassar, Antoni; Vázquez, Ángel; Manassero, María Antonia y García-Carmona, Antonio (coords.) (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, Madrid: OEI.
- Clough, Michael (2011). "Teaching and assessing the nature of science", *The Science Teacher*, vol. 78, núm. 6, pp. 56-60.
- Eurydice (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*, Bruselas: EACEA P9 Eurydice.
- Flores, Fernando; Gallegos, Leticia y Reyes, Flor (2007). "Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química", *Perfiles Educativos*, vol. 29, núm. 116, pp. 60-84.
- García-Carmona, Antonio (2012). "Cómo enseñar naturaleza de la ciencia (NDC) a través de experiencias escolares de investigación científica", *Alambique*, núm. 72, pp. 55-63.
- García-Carmona, Antonio (2015). "Noticias sobre temas de Astronomía en los diarios: un recurso para aprender sobre la naturaleza de la ciencia reflexivamente", *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 27, núm. 1, pp. 19-30.
- García-Carmona, Antonio; Criado, Ana María y Cañal, Pedro (2014). "¿Qué educación científica se promueve para la etapa de primaria en España? Un análisis de las prescripciones oficiales de la LOE", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 32, núm. 1, pp. 139-157.
- García-Carmona, Antonio; Vázquez, Ángel y Manassero, María Antonia (2011). "Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 29, núm. 3, pp. 403-412.
- Guerra, María Teresa; Ryder, Jim y Leach, John (2010). "Ideas about the nature of science in pedagogically relevant contexts: Insights from a situated perspective of primary teachers' knowledge", *Science Education*, vol. 94, núm. 2, pp. 282-307.
- Guisasola, Jenaro y Morentin, Maite (2007). "¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de educación primaria?", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6, núm. 2, pp. 246-262.
- Khishfe, Rola y Lederman, Norman (2006). "Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 43, pp. 395-418.
- Lederman, Norman (2007). "Nature of science: past, present, and future", en S. K. Abell y N. G. Lederman (ed.), *Handbook of Research on Science Education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 831-879.
- Lederman, Norman y Abd-El-Khalick, Fouad (1998). "Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science", en W. McComas (ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, Dordrecht: Kluwer, pp. 83-126.
- López y Mota, Ángel D.; Rodríguez, Diana Patricia y Bonilla, María Xóchilt (2004). "¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la

- práctica docente?”, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 9, núm. 22, pp. 699-719.
- Matthews, Michael (2012). “Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS)”, en M. S. Khine (ed.), *Advances in nature of science research*, Dordrecht: Springer, pp. 3-26.
- NGSS (2013). *The Next Generation Science Standards: For States, by States*, Washington: National Academy of Sciences.
- Padilla, María Teresa (2002). *Técnicas e instrumentos para el diagnóstico y la evaluación educativa*, Madrid: CCS.
- Páez, Ysmandi; Rodríguez, María y Niaz, Mansoor (2004). “Los modelos atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato”, *Investigación y Postgrado*, vol. 19, núm. 1, pp. 51-77.
- Porlán, Rafael; Rivero, Ana y Martín, Rosa (1998). “Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 15, núm. 2, pp. 155-171.
- Salmerón, Ladislao (2013). “Actividades que promueven la transferencia de los aprendizajes: una revisión de la literatura”, *Revista de Educación*, núm. extraordinario, pp. 34-53.
- Seale, Clive (1999). *The quality of qualitative research. Introducing qualitative methods series*, Londres: Sage Publications Ltd.
- Tamayo, Óscar; Sánchez, Carlos y Buriticá, Olga (2010). “Concepciones de naturaleza de la ciencia en profesores de educación básica”, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. 6, núm. 1, pp. 133-169.
- Thomaz, Marília; Cruz, María; Martins, Isabel y Cachapuz, Antonio (1996). “Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 14, núm. 3, pp. 315-322.
- Vázquez, Ángel; García-Carmona, Antonio; Manassero, María Antonia y Bennàssar, Antoni (2014). “Spanish students’ conceptions about NOS and STS issues: A diagnostic study”, *Eurasia Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, vol. 10, núm. 1, pp. 33-45.
- Yoon, Hye-Gyoung y Kim, Byoung Sug (2016). “Teachers’ beliefs about nature of science and constructivist teaching in the content-specific context”, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, vol. 12, núm. 3, pp. 457-475.

Recibido: 24 de septiembre de 2015
Dictaminado: 26 de enero de 2016
Segunda versión: 29 de enero de 2016
Aceptado: 19 de febrero de 2016