

Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria?

Jenaro Guisasola¹ y Maite Morentin²

¹Departamento de Física Aplicada I. UPV/EHU. E-mail: jenaro.guisasola@ehu.es

²Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. UPV/EHU. E-mail: maite.morentin@ehu.es

Resumen: Existe un consenso general entre los educadores respecto a que una adecuada comprensión de la naturaleza del conocimiento científico es un requisito necesario en la formación del profesorado de ciencias. Sin embargo, en los cursos de preparación inicial de maestros no se trabajan estos aspectos. Por ello, la hipótesis de nuestro trabajo ha sido que los estudiantes de Magisterio, al finalizar su preparación, tendrán una concepción empírico-inductivista de la naturaleza de la ciencia, la misma que la mayoría de los maestros y maestras de la Educación Primaria.

Para comprobarlo diseñamos un cuestionario abierto que fue pasado al alumnado de la Escuela Universitaria de Magisterio de Bilbao por uno de los autores.

Los resultados validan claramente la hipótesis de partida, pero además, se detecta en estos estudiantes una falta importante de reflexión sobre el tema objeto de estudio, evidenciada por la falta de consistencia en algunas explicaciones.

Estos futuros maestros no podrán transferir a la práctica del aula unos contenidos que desconocen y que generalmente no se incluyen en los libros de texto. Por ello, consideramos imprescindible proporcionarles materiales didácticos adecuados para que puedan integrar en una única estructura los diferentes contenidos de la materia a enseñar.

Palabras clave: Formación del profesorado, didáctica de las ciencias, naturaleza de la ciencia.

Title: Do future teachers of Primary Education understand the nature of science?

Abstract: Nowadays, the study of the nature of science (NOS) and its implications for science education is considered to be an important aspect of teachers training courses. Understanding the nature of science is a fundamental prerequisite for teachers to be able to adequately direct the learning process of their pupils. The purpose of this study was to assess pre-service Primary teachers' knowledge about NOS. So, a questionnaire based on some characteristics of scientific process was designed and this questionnaire was completed by students on the second year of the degree in Primary Science Teaching. The results provide evidence that some misconceptions about NOS are common among pre-service primary science teachers in different countries. The majority of students do not recognize that observation depends on theory and neither that scientific knowledge is

conceptualised within a socio-cultural framework. Moreover, these students have never thought before about some of that subjects, as we can infer from the inconsistency of some of their answers. Implications for the primary science teacher education are important because they couldn't explain concepts they didn't understand. So, science teacher have to be provided with materials to enable them working about NOS in their classes.

Keywords: Teachers training, science education, nature of science.

Introducción

La Naturaleza de la Ciencia (NdC, en adelante), en general, comprende aspectos de diferentes áreas como la Historia, la Sociología y la Filosofía de la ciencia con el objetivo de explorar qué es la ciencia, cómo trabajan los científicos como grupo social y cómo la propia sociedad se enfrenta y reacciona a los problemas derivados de la ciencia. Existe un consenso emergente en que estos aspectos de la NdC son un elemento central y esencial en el currículo de ciencias escolar (American Association for the Advancement of science 1990, National Research Council 1996). A pesar del consenso general anterior sobre la importancia de la NdC en la educación científica, existe poco consenso sobre lo que constituye la propia NdC. Lederman (1992) argumenta que la NdC no es ni universal ni estable. Las caracterizaciones que se hacen sobre ella suelen ser frecuentemente generales y llevan a rápidos desacuerdos sobre las definiciones específicas de "naturaleza de la ciencia". Osborne et al (2003) realizaron un estudio Delphi para contribuir a clarificar lo que se debería enseñar a los estudiantes 'sobre' la ciencia. Estos autores desarrollaron nueve características sobre la NdC que vienen a converger con otras investigaciones (Bell et al. 2001, Hodson 1992, Matthews 1994) y que, en nuestra opinión, conforman un nivel de definición de la NdC que es consensuado por la comunidad educativa y relevante para la vida diaria de la ciudadanía. Este nivel de concreción presenta los siguientes aspectos concretos: a) reconocer que la ciencia es tentativa (sujeta a cambios); b) basada en la experiencia empírica; c) subjetiva (sujeta al consenso de los pares); d) producto de la imaginación, la creatividad y la actividad humana; e) integrada en la actividad social y cultural. Driver R., Leach J., Millar R. y Scout P. (1996) argumentan que es necesario tener en cuenta los objetivos de la NdC si los profesores queremos transmitir a los estudiantes una imagen adecuada de la ciencia.

Diferentes investigaciones han mostrado que la imagen que poseen los estudiantes sobre la ciencia depende en buena medida de la que poseen sus profesores y que éstos suelen tener imágenes distorsionadas de la actividad científica (Lederman 1992, Fernández et al. 2002). Por tanto, parece lógico afirmar que el asegurar una adecuada comprensión de la naturaleza del conocimiento científico es un requisito necesario en la preparación del profesorado de ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman 2000). Hay, sin embargo, una corriente crítica que dice que el propósito educativo de promover un punto de vista concreto entre el profesorado sobre NdC es que ellos puedan a su vez promoverlo entre sus estudiantes, y ésta sería una visión antieducativa, ya que no educarían a su alumnado sino que lo "adoctrinarían". Nuestro objetivo no es éste, sino que estamos convencidos

de que no se puede enseñar aquello que no se conoce, y sobre todo aquello sobre lo que no se ha reflexionado suficientemente (McComas 1998).

Sin embargo, en España el tratamiento de cuestiones relacionadas con la NdC no es frecuente en los cursos de preparación de futuros profesores de ciencias, ni de la escuela primaria ni de la secundaria.

El estudio que presentamos en este artículo constituye la primera fase de un proyecto más amplio, cuyo objetivo final es desarrollar una propuesta didáctica que dirija intencionadamente la atención de los futuros maestros y maestras hacia los aspectos más relevantes de la NdC, mediante cuestiones específicas, reflexiones sobre situaciones concretas e investigaciones guiadas, diseñadas para mejorar las concepciones de ese alumnado sobre la NdC. El proyecto se desarrollará en la Escuela de Magisterio de Bilbao (Universidad del País Vasco) con el alumnado de 2º curso de la titulación de Educación Primaria.

Esta primera fase del proyecto está orientada a conocer la comprensión que tienen los estudiantes de 2º curso de Magisterio (al finalizar el año escolar) sobre algunos aspectos concretos de la NdC asociados con la enseñanza de las ciencias. Esto nos permite recortar el campo y dejar fuera aspectos que, aunque interesantes, son propios de estudios referentes a otros contextos u objetivos. Nos referiremos a aspectos de la NdC que permiten responder a preguntas cruciales en el currículum de ciencias como: ¿cuáles son los objetivos de la ciencia?, ¿cómo se relaciona la observación y experimentación con las teorías científicas?, ¿cómo cambian esas teorías? (McComas, Clough & Almazroa 1998, Mathews 1998). Que el profesorado haya reflexionado sobre estas cuestiones es fundamental si quiere guiar a sus estudiantes hacia una imagen adecuada de la ciencia. En resumen, en este estudio nos ocuparemos de aspectos de la NdC tales como: a) Los objetivos de la actividad científica; b) La naturaleza de la metodología científica; c) El desarrollo del conocimiento científico.

Diseño experimental

Parece razonable esperar que las concepciones dominantes de los futuros profesores de ciencias de primaria en España, acerca de la naturaleza del conocimiento científico, no sean muy diferentes de las de sus colegas de otros países. Esto significa que podemos admitir como hipótesis que, en general, predominarán concepciones empírico-inductivistas entre los estudiantes implicados en este estudio (Irwing 2000; Glasson & Bentley 2000), ya que en España, a nivel de formación inicial y continua del profesorado, son casi inexistentes la formación y la reflexión sobre la NdC, en particular con incidencia en el saber y saber hacer en el campo de la enseñanza de las ciencias.

Un posible punto de partida para obtener más información sobre las concepciones de los futuros profesores acerca de la NdC será definir los conocimientos que deberían poseer. En la medida en que la empresa científica es compleja y multidimensional resulta difícil definir con precisión todas las características de la NdC, aunque, en general, se puede decir que la NdC se ocupa de los contenidos epistemológicos sobre la ciencia. Estos contenidos se refieren a la forma en que la ciencia construye sus

conocimientos, junto con los métodos, supuestos y creencias que la sustentan. Esto implica que existe una amplia variedad de aspectos que integran la NdC, pero no es el objetivo de este trabajo el hacer una relación de todos ellos, sino resumir aquellos aspectos comunes de diferentes investigaciones sobre la NdC (Abd-El-Khalick 2001, Bentley & Garrison 1991, Chalmers 1982, Cleminson 1990, Collins et al. 2003, Duschl 1990, Hodson 1992, Koballa et al 2005, Leach y Lewis 2002, Lederman et al. 2001, Mason 2002, McComas 1998, Osborne et al. 2003, Vazquez et al. 2006) que se relacionan con los tres aspectos que hemos seleccionado para esta investigación (objetivos, metodología y desarrollo de la ciencia). El análisis de las investigaciones mencionadas muestra un consenso para nueve proposiciones relacionadas con los tres aspectos seleccionados que se indican en la tabla 1.

<p>a) El papel de la ciencia</p> <p>a.1) El papel de la ciencia es proporcionar <i>explicaciones de los fenómenos naturales</i>; la ciencia está considerada como una disciplina para dirigir preguntas sobre el mundo natural que</p> <p>a.2) usa una <i>metodología propia</i> y la evidencia empírica juega un papel importante ya que diferencia la ciencia de otras "formas de conocimiento". Sin embargo,</p> <p>a.3) la ciencia está inmersa en un contexto socio-cultural y por tanto, está influenciada por los valores sociales y culturales, por la <i>subjetividad</i> personal y por las conclusiones de los programas de investigación.</p> <p>a.4) la ciencia, además, es una actividad que implica <i>creatividad e imaginación</i>, así como otras muchas actividades humanas, y algunas ideas científicas son grandes logros intelectuales.</p> <p>b) Metodología de la ciencia</p> <p>b.1) la ciencia usa la evidencia empírica para comprobar las ideas, pero el conocimiento científico no surge simplemente de los datos sino a través de un proceso de interpretación y construcción de teorías. <i>Hay una distinción clara entre los datos experimentales y las explicaciones.</i></p> <p>b.2) los científicos desarrollan hipótesis y predicciones sobre los fenómenos naturales, las cuales son comprobadas empíricamente.</p> <p>b.3) la ciencia usa una <i>gran variedad de métodos</i> y no hay un único método científico.</p> <p>c) Desarrollo del conocimiento científico</p> <p>c.1) el trabajo de un científico supone un proceso continuo y cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Por tanto, el conocimiento científico es <i>tentativo (sujeto a cambios)</i>.</p> <p>c.2) el conocimiento científico actual es el mejor que tenemos pero puede ser modificado en el futuro, debido a nuevas interpretaciones de las evidencias o a nuevas evidencias.</p>
--

Tabla 1.- Nueve proposiciones que representan un consenso sobre los tres aspectos de la NdC en diferentes investigaciones en Enseñanza de las Ciencias.

Para conocer la comprensión que los estudiantes tienen sobre la NdC diseñamos un cuestionario abierto que incluía 8 preguntas sobre las diferentes características de la NdC antes mencionadas. El formato abierto de las cuestiones implica que los estudiantes deben utilizar razonamientos y justificaciones para contestar, más que seleccionar una respuesta entre diferentes teorías o concepciones. Este tipo de formato nos ha parecido el más adecuado para indagar las ideas de los estudiantes ya que suponemos que los estudiantes conocen suficientemente los contenidos de las teorías científicas sobre las que versan las preguntas del cuestionario. Esta suposición se basa en el hecho de que todos los estudiantes encuestados han cursado un programa de contenidos básicos de ciencias en la enseñanza secundaria.

Las cuatro primeras cuestiones del cuestionario han sido previamente utilizadas por otros investigadores y han mostrado su efectividad para investigar las ideas de los estudiantes sobre ciencias (Abd-El-Khalic 1998, 2001; Lederman et al. 2001). Sin embargo, hemos diseñado otras cuatro preguntas para concretar más los aspectos b) y c) de nuestra investigación. Las cuestiones 5 y 6 se relacionan con el aspecto b), al igual que las cuestiones 3 y 4, pero éstas se dirigen a indagar las ideas de los estudiantes respecto a las relaciones entre la teoría y los experimentos. Las cuestiones 7 y 8 se dirigen al aspecto c) de la NdC acerca del desarrollo de la ciencia y los factores que influyen en él. Se ha hecho un diseño de varias cuestiones que inciden en un mismo aspecto, de forma que al converger los resultados de diferentes cuestiones con un mismo objetivo nos permitan más fácilmente caracterizar las ideas de los estudiantes sobre ese aspecto de la NdC.

Así mismo, se pasó el cuestionario a 15 futuros profesores, diferentes de los incluidos en la investigación. Los resultados confirmaron que estos estudiantes no presentaban dificultades para comprender los significados de las cuestiones. Estas entrevistas fueron particularmente útiles a la hora de clarificar las respuestas a algunas de las cuestiones. Por ejemplo, en la cuestión 6 el término 'temperatura' se enseña normalmente como un 'fenómeno real' en el sentido de que es una medida de una característica física de la materia y este es el tipo de respuesta que nosotros esperamos encontrar. Sin embargo, se podría indicar que la 'temperatura' es un concepto que está basado en una teoría sobre la materia y que puede ser medida mediante una escala y enseñada como una 'idea teórica'. Sin embargo, ninguno de los 15 estudiantes entrevistados respondió en éste último sentido. Así mismo en la cuestión 7, una forma de 'cuantificar' el desarrollo de la ciencia es considerar el volumen de conocimiento científico producido o bien, el desarrollo de la metodología científica y su instrumentación. En las explicaciones de todos los estudiantes el gráfico consideraba el volumen de conocimiento científico producido y sus aplicaciones tecnológicas. Así pues, esta es la interpretación que hemos considerado en el análisis de las respuestas al cuestionario.

El cuestionario fue contestado en condiciones similares a un examen y supervisado por uno de los autores; la muestra estaba compuesta por los alumnos y alumnas de 2º curso de la titulación de Maestro: Educación Primaria. Debido a la larga duración del cuestionario, una parte de la muestra (42 estudiantes) contestó a las 6 primeras cuestiones, mientras que la otra parte (36 estudiantes) contestaron las 2 últimas preguntas. El tiempo que dedicaron a responder fue aproximadamente 45 minutos en el primer caso, y 20 minutos en la segunda parte del cuestionario.

Para mejorar la fiabilidad del análisis, las respuestas fueron analizadas por ambos autores; se discutieron algunas discrepancias y se resolvieron por acuerdo entre ambos. Todas las respuestas fueron examinadas por su correlación con los aspectos de la NdC que hemos mencionado en el tabla 1.

Resultados

En esta sección daremos las frecuencias por aspecto de NdC evaluado en cada pregunta y presentaremos los resultados según esos tres apartados: primero, concepciones del alumnado sobre el papel de la ciencia; segundo, resultados de las concepciones de los futuros profesores sobre la metodología científica y finalmente, concepciones sobre el desarrollo del conocimiento científico.

¿Cuál es el papel que los estudiantes atribuyen a la actividad científica?

Las cuestiones 1 y 2 se diseñaron con el objetivo de que los estudiantes explicaran el papel que juega la ciencia en nuestra sociedad y cuales son, en su opinión, sus objetivos y características. La frecuencia y porcentaje de los diferentes tipos de respuestas dadas por los 42 estudiantes se indican en la tabla 2.

Cuestiones	Explicaciones de los fenómenos naturales	Evidencia empírica y metodología propia	Contexto socio-cultural	Inclasificable	No contesta
Q1	30 (71,5%)	7 (17%)	8 (19%)	12 (29%)	1 (2%)
Q2	14 (33%)	17 (40%)	-	13 (31%)	-

Tabla 2.- Frecuencia y porcentajes de aspectos de la NdC resaltados en la cuestiones 1 y 2.

En la cuestión 1, la mayoría de las respuestas (71.5%) indican que la ciencia intenta dar respuestas a fenómenos o problemas de la naturaleza. Por ejemplo:

- *Analizar de formas diferentes los fenómenos y los seres vivos que aparecen en la Naturaleza.*
- *Es la investigación que se hace de un hecho desconocido, mediante diversas técnicas.*

Dentro de este grupo, sólo 8 estudiantes (19%) resaltan explícitamente el contexto social donde se desarrolla la actividad científica y otros 7 citan el carácter específico de la metodología científica al responder a los fenómenos naturales, indicando que dicha investigación tiene características propias. Veamos algunos ejemplos de estos tipos de respuestas:

- *Disciplina que realiza estudios para conocer mejor el mundo que nos rodea y que se puede realizar para su mejora y mayor aprovechamiento*
- *Es una disciplina que a través de la observación de fenómenos naturales, elabora unas hipótesis, realiza experimentos para comprobar dichas hipótesis y en caso de ser verdaderas, formula leyes.*
- *Es la que analiza de forma científica (con hipótesis, pruebas y generalizando los resultados obtenidos) los fenómenos, relaciones, etc. que ocurren en el mundo.*

Casi un 30% de las respuestas presentan explicaciones inconexas e incluso indescifrables, por lo que podemos concluir también que existe una falta de reflexión importante sobre este tema. Veamos un ejemplo:

- *La ciencia son experimentos que se hacen para analizar el mundo y la sociedad.*

En la cuestión 2, al intentar explicar los objetivos de la ciencia, los estudiantes vuelven a resaltar que el conocimiento científico se logra mediante evidencias empíricas (40%) y le atribuyen valores de 'objetividad' y 'exactitud'. Veamos algunos ejemplos:

- *Las disciplinas científicas requieren fórmulas, deben seguir unas pautas y siempre se basan en lo demostrable.*
- *Las disciplinas científicas son más objetivas, basadas en la simple materia; las otras son más subjetivas y sociales en las que la persona es parte importante.*

Así mismo, alrededor de un tercio de las respuestas centran sus explicaciones en el objetivo de estudio de las disciplinas científicas. En su opinión éstas estudian los fenómenos naturales, están relacionadas con la matemática y son 'prácticas' (por ej. incluyen experimentos), mientras que las otras disciplinas tienen como objetivo los temas relacionados con el 'ser humano' y son más subjetivas. Algunos ejemplos de esta categoría son:

- *Las disciplinas científicas estudian los fenómenos de la naturaleza; las otras estudian al ser humano y sus comportamientos.*
- *Las primeras son ciencias de la naturaleza, explican en medio ambiente; las otras, explican temas relacionados con la sociedad.*
- *Las primeras van hacia el campo de los números; las otras están más cercanas al campo de las letras.*
- *Las científicas son analizadas e investigadas mediante números; las otras, en cambio, mediante pensamientos.*

Hay un número significativo de personas (un tercio) que contestan de manera incoherente, evidenciando de nuevo que los estudiantes apenas han reflexionado sobre los objetivos de la ciencia y su función social.

Aspectos importantes de la epistemología de la ciencia contemporánea como la creatividad y la imaginación, que son necesarios para desarrollar nuevas teorías y explicaciones, no son mencionados por ningún estudiante. Así mismo sólo 8 respuestas en la cuestión 1, hablan de la influencia socio-cultural en el conocimiento científico y ninguna menciona la subjetividad personal ni la influencia de los programas de investigación en el trabajo de los científicos. Al contrario, muchas de las respuestas a la segunda cuestión citan la 'objetividad' y 'exactitud' de las disciplinas científicas frente a otras disciplinas como la filosofía o psicología.

¿Cómo explican los estudiantes la metodología científica?

Las cuestiones 3 y 4 se diseñaron para que los estudiantes explicaran el papel del experimento dentro de la actividad científica. En la cuestión 3 se les plantea una pregunta directa para que definan las características de un experimento y en la pregunta 4 se les interroga sobre el papel que los experimentos juegan en el desarrollo de una investigación científica.

Otro aspecto resaltado por la epistemología científica contemporánea es la clara distinción entre evidencia empírica y explicación teórica. Las cuestiones 5 y 6 tienen como objetivo averiguar qué piensan nuestros estudiantes sobre el papel que juegan las teorías en el conocimiento científico. En la cuestión 5 se les hace una pregunta directa sobre la

fiabilidad de las teorías científicas y en la cuestión 6 se interroga sobre la diferencia entre evidencia empírica y teorías explicativas.

En la tabla 3 se exponen los diferentes aspectos de la NdC encontrados en las respuestas a las cuestiones 3 y 4.

Cuestiones	Comprobación empírica	Comprobar hipótesis	Descubrir nuevas teorías	Inclasificable	No contesta
Q3	21 (50%)	10 (24,0%)	5 (12,0%)	8 (19,0%)	1 (2,3%)
Q4	19 (45,2%)	5 (12,0%)	14 (33,3%)	5 (12,0%)	3 (6,9%)

Tabla 3.- Frecuencia y porcentajes de aspectos de la NdC resaltados en la cuestiones 3 y 4.

En la cuestión 3, el 50% de las respuestas definen el experimento como una prueba para comprobar empíricamente un enunciado o una teoría, pero no especifican cómo ha surgido la teoría a comprobar. Por ejemplo:

- *Es una acción para comprobar si algo encontrado, realizado, ... funciona.*
- *Sirve para verificar cosas y está relacionado con las pruebas.*

Alrededor de un cuarto de las respuestas indican explícitamente que es necesario primeramente desarrollar hipótesis, que posteriormente serán contrastadas mediante experimentos. Veamos algún ejemplo de este tipo de respuesta:

- *Forma de comprobar si las hipótesis planteadas son verdaderas o falsas.*
- *Acción que se realiza tras emitir una hipótesis, para comprobar si es válida o no.*

Sin embargo, ninguna respuesta incluye la definición de experimento como la reproducción de un fenómeno natural, en condiciones controladas, que permite medir variables; tampoco indican explícitamente que es una parte de una investigación más global y compleja.

Los resultados de la cuestión 4 muestran que prácticamente todo el alumnado considera que el conocimiento científico necesita de los experimentos para desarrollarse (90,5%). Sólo 5 estudiantes consideran que los experimentos no son necesarios en todas las investigaciones, pero no lo justifican. Coherentemente con los resultados de la cuestión 3, un número importante de explicaciones (45%) habla de la importancia del experimento como comprobación empírica de las teorías, no indicando ningún otro tipo de validación de las teorías como su predictibilidad, universalidad y coherencia con el marco teórico. Veamos algún ejemplo:

- *Sí son necesarios los experimentos, porque uno de los pilares en que se apoya la ciencia es que sus teorías deben tener una demostración práctica, si no ya no serían conocimientos científicos.*
- *Si, son necesarios, porque si no experimentas no sabrás seguro si la teoría es válida o no.*

Un tercio de las explicaciones consideran que mediante la experimentación se generan las explicaciones o teorías, en una clara

concepción empírico-inductivista de la ciencia. Un ejemplo de este tipo de respuesta se indica a continuación:

- *Si, porque mediante los experimentos se realizan las investigaciones y las teorías.*

La cuestión 5 fue contestada por 36 estudiantes. Se trataba de conocer el papel que juegan las teorías en el conocimiento científico, y vemos que casi el 75% confiere un grado de certeza muy alto a las teorías (la de los electrones, en este caso); sólo 4 respuestas indican una certeza media y ninguna le atribuye un grado de certeza bajo. Además, 6 estudiantes no contestaron. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tipo de respuesta	Estudiantes (N=36) (porcentaje)
Certeza muy alta	26 (72,2%)
Certeza media/ regular	4 (11%)
Certeza baja	0
Porque la teoría está comprobada con experimentos	26 (72,2%)
Otras justificaciones	2 (5,5%)
No contesta	6 (16,5%)

Tabla 4.- Frecuencia y porcentajes de aspectos de la NdC resaltados en la cuestión 5

Prácticamente todas las justificaciones a este grado alto de confianza en la teoría científica presentada se refieren a los experimentos que demuestran la teoría, así como a los aparatos tecnológicos que permiten detectar los electrones. En las explicaciones no se menciona la diferencia entre los hechos experimentales y los conceptos teóricos (electrón) ideados para explicarlos. Para averiguar que opinan los estudiantes sobre este aspecto de la metodología científica se diseñó la cuestión 6, que fue contestada por la misma muestra de estudiantes.

En dicha cuestión, más de las tres cuartas partes de los estudiantes (78%) no responde correctamente a la clasificación pedida, diferenciando "hechos" y "conceptos". Los errores más frecuentes se producen con las magnitudes volumen (N=5) y presión (N=7), clasificadas como ideas de la teoría. Esto es coherente con el tipo de justificaciones que aparecen en sus explicaciones y que se muestran en la tabla siguiente.

Tipo de respuesta	Estudiantes (N=36) (porcentaje)
A. Clasificación correcta	8 (22%)
A. En la justificación distinguen entre evidencia empírica y explicación teórica	7 (19%)
B. Clasificación incorrecta	28 (78%)
B. En la justificación no distingue entre evidencia empírica y explicación teórica	28 (78%)
No justifica	1

Tabla 5.- Frecuencia y porcentajes de aspectos de la NdC resaltados en la cuestión 6.

La gran mayoría de las justificaciones (78%) indican que los fenómenos naturales se pueden observar, medir, comprobar... mediante aparatos adecuados, mientras que las explicaciones teóricas no. Estas ideas parecen tener una alta componente realista ingenua ya que a la hora de hacer la clasificación se considera, por ejemplo, que aspectos como la 'presión' o el 'volumen' entran en el apartado de ideas teóricas. Sólo 7 estudiantes (19%) expresan que las explicaciones teóricas no son reales, no ocurren realmente, que las imaginamos y son explicaciones de los científicos que están de acuerdo con la experiencia. Los resultados son convergentes con los de la cuestión anterior, donde se mostraba que muy pocos estudiantes sabían distinguir claramente entre hechos experimentales y teorías.

¿Cómo entienden los estudiantes el desarrollo del conocimiento científico?

Se han diseñado las cuestiones 7 y 8 con el objetivo de averiguar lo que piensan los estudiantes sobre la evolución del conocimiento científico. La cuestión 7 es una pregunta directa sobre el desarrollo del conocimiento científico que deben responder mediante un diagrama y una explicación, y la cuestión 8 indaga sobre los factores que motivarían esta evolución.

En la cuestión 7 la gran mayoría de respuestas (85,7%) indican una evolución creciente del conocimiento científico y lo expresan gráficamente mediante el gráfico 1.

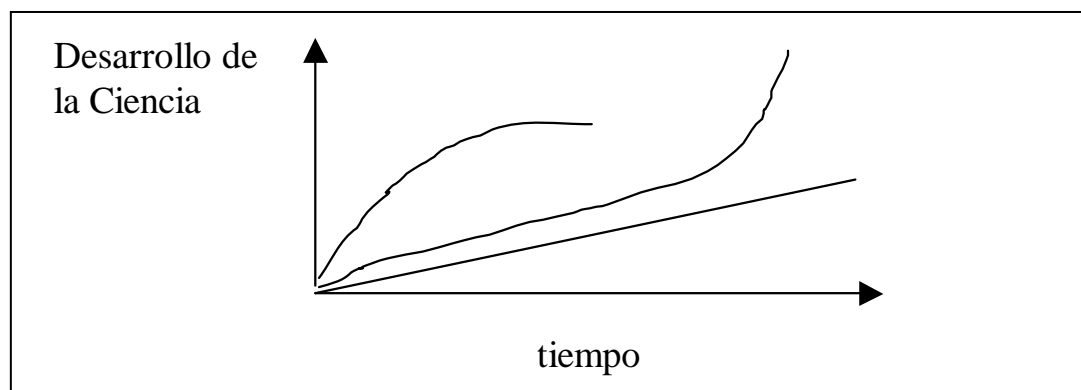


Gráfico 1.- Evolución creciente del conocimiento científico

18 respuestas (43%) indican un crecimiento lineal, 15 (36%) expresan un crecimiento exponencial creciente y 3 respuestas indican un crecimiento exponencial inverso. Estos últimos justifican su respuesta indicando que "ya casi no quedan cosas por inventar". Las justificaciones de los restantes alumnos y alumnas se basan en el avance de la tecnología que cada vez es más rápido y permite detectar más fenómenos.

Además, 4 estudiantes no contestan y sólo 2 dibujan una gráfica con avances, paradas y retrocesos (ver gráfico 2). Ambos estudiantes explican que el conocimiento científico ha tenido épocas de no crecimiento y crecimiento menos acelerado.

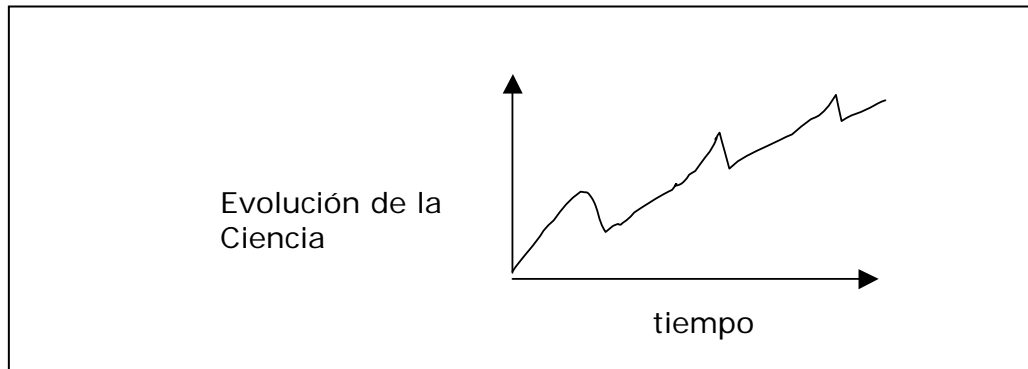


Gráfico 2.- Evolución del conocimiento científico.

Los resultados de la cuestión 8 se han agrupado teniendo en cuenta 3 tipos de factores que influyen en el desarrollo del conocimiento científico, y se indican en la tabla 6.

Tipo de respuesta	Estudiantes (N=42) (porcentaje)
Factores tecnológicos	16 (38%)
Factores socio-culturales	14 (33%)
Factores personales	6 (14,2%)
Otros factores	7 (16,6%)
No contesta	9 (21%)

Tabla 6.- Frecuencia y porcentajes de aspectos de la NdC resaltados en la cuestión 8

Como se puede ver, casi el 40% de las respuestas (N=16) apunta a las nuevas tecnologías como el principal factor de cambio de las teorías, ya que posibilitan mayor y mejor obtención de datos. Veamos un ejemplo de respuesta de este tipo:

- *Las técnicas nuevas que se iban aportando y que facilitaban mayores descubrimientos.*
- *Las nuevas tecnologías y el dinero.*

En contradicción con la respuesta de los anteriores apartados, donde no se consideraban factores socio-culturales, en esta cuestión un tercio de las respuestas consideran los factores socio-económicos como los responsables de los cambios en el desarrollo de la ciencia.

- *El dinero, las condiciones de vida y la inteligencia humana.*
- *La mayor influencia ha sido el satisfacer las necesidades humanas, para hacer la vida cada vez más confortable.*

Aunque ambos factores intervienen en los procesos de cambio, en las explicaciones de los estudiantes no se contempla un abordaje multifactorial de las causas del cambio y quedan relegados factores internos a la propia dinámica de la ciencia como la insatisfacción de las explicaciones respecto a los hechos ya conocidos o a nuevos hechos; o bien, la insatisfacción en la coherencia del cuerpo teórico de conocimientos.

La mayoría de las explicaciones buscan los factores de cambio en factores externos al proceso de investigación científica (socio-culturales) o bien, a avances tecnológicos que se consideran separados de la ciencia. Sin

embargo, hoy en día es conocida la estrecha relación entre ciencia y tecnología, hablándose del desarrollo científico-técnico.

Sólo una minoría de respuestas (N=6) consideran los valores personales y las perspectivas culturales como factores que determinan lo que hacen los científicos y cómo lo hacen. Por ejemplo respuestas del tipo:

- *El interés personal por llegar más lejos, los recursos, etc.*
- *Las ganas, intenciones, etc. que tienen los científicos.*

Otro grupo de respuestas parecido (N=7) consideran como factores principales del cambio la suerte, las guerras, los problemas de salud pública, etc.

Discusión e implicaciones para la formación del profesorado

El objetivo general de esta investigación era conocer las concepciones de los estudiantes de Magisterio sobre los objetivos, metodología y evolución del conocimiento científico. El diseño experimental se basó en un cuestionario de preguntas abiertas.

Los resultados sugieren que la mayoría de los futuros profesores de Primaria presentan una concepción positivista ya que consideran que la ciencia es un cuerpo de conocimientos formado por fenómenos naturales y teorías (71% en Q1) los cuales consideran verdaderos, en el sentido de estar contrastados con los datos observables (50% en Q3, 72% en Q5). Los hechos científicos darían significado a la teoría y, la observación y detección de fenómenos es la etapa más importante de la metodología científica (90% Q4). En esta concepción los estudiantes no distinguen claramente entre teorías y datos experimentales (78% en Q6), ni se mencionan diferentes estrategias generales y flexibles que utiliza la ciencia para resolver problemas y contrastar ideas (0% en Q3 y Q4). El progreso científico siempre es creciente y el cambio se produce cuando surgen nuevos hechos experimentales debidos principalmente a los avances tecnológicos (86% en Q7 y 71% en Q8).

Los resultados muestran, en primer lugar, que según sus explicaciones, los futuros maestros y maestras no contextualizan el conocimiento científico en su marco teórico, lo que implica que la observación depende de la teoría (0% en Q4) (Bell et al. 2001). En segundo lugar, no contextualizan el conocimiento científico en un marco socio-cultural (19% en Q1, 0% Q2), aunque sí lo hacen, en el aspecto económico, cuando hablan de los factores que impulsan los programas de investigación científica (33% Q8). Una minoría menciona aspectos como la subjetividad personal y los valores de los científicos (14,2% en Q8).

Existe una falta de reflexión de los futuros profesores de Primaria sobre la naturaleza del conocimiento científico, como muestra el porcentaje de estudiantes que no contesta y la falta de consistencia de muchas de sus explicaciones. Esta situación es plausible ya que, en España, muy pocos programas de formación inicial del profesorado de ciencias consideran contenidos sobre Naturaleza de la Ciencia y en pocos cursos los futuros profesores tienen oportunidad de debatir sobre estas cuestiones.

Cuando los profesores de ciencias en formación comienzan sus estudios tienen que aprender un amplio abanico de conocimientos que caracterizan lo que se denomina 'saber la materia a enseñar'. Entre ellos podemos citar algunos que suelen pasar desapercibidos, como los relacionados con la naturaleza del conocimiento científico y el conocimiento de la historia de la ciencia, es decir, conocer cuales son sus fines, los procesos seguidos por los científicos en la construcción de ese conocimiento, los problemas que originaron su construcción, cómo llegaron a articularse en cuerpos coherentes de conocimientos, cómo evolucionaron, cuales fueron las dificultades, etc. Además, la forma de trabajar o modificar las concepciones sobre NdC debe ser planeada y explícita (aprendizaje cognitivo), ya que en numerosas investigaciones se ha demostrado que los resultados son mejores que cuando se hace de forma implícita (aprendizaje actitudinal) (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000).

El aprendizaje de estos contenidos es una condición necesaria pero no suficiente, es decir, no garantiza de forma automática su transferencia a la práctica de aula. En la mayoría de las ocasiones el profesorado no incluye estos temas en sus programaciones de aula porque son aspectos que no controlan o desconocen. Además, como no se han tratado en su formación inicial como maestros/as, y tampoco suelen aparecer en los libros de texto, no saben cómo enseñarlos.

Por tanto, pensamos que será necesario proveer a los futuros profesores con materiales didácticos adecuados, que les permitan reflexionar en clase sobre los aspectos principales de la naturaleza de la ciencia y mediante los cuales puedan integrar en una estructura única los diferentes conocimientos de la materia a enseñar. Sin embargo, "enseñar NdC" requiere profesores de ciencias que tengan algo más que un rudimentario conocimiento sobre ella; este profesorado debería ser capaz de hablar sobre la naturaleza de la ciencia, proponer debates desde distintos puntos de vista, diseñar actividades que ayudaran a sus estudiantes a comprender dichos aspectos, contextualizar la enseñanza con ejemplos, etc. Incluso se les debería pedir que diseñaran unidades didácticas para trabajar la comprensión de la NdC en las aulas, teniendo en cuenta la edad y características del alumnado. De esta forma, se garantizarían las condiciones necesarias para posibilitar al futuro profesorado el poder realizar la transposición didáctica al aula con éxito y eficacia. Este aspecto cobra mayor importancia en este momento, si pensamos en los planes de estudio que habrá que diseñar próximamente para los grados de Magisterio y sus correspondientes itinerarios.

A la vista de estos resultados, hemos precisado el objetivo de la segunda parte de nuestra investigación, consistente en el diseño y realización de algunos materiales didácticos que sirvan a nuestro alumnado (2º curso de formación inicial de maestros y maestras de Educación Primaria) para reflexionar sobre la naturaleza de la ciencia y para proponer trasposiciones didácticas adecuadas al aula de primaria.

Referencias bibliográficas

Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science courses: Abandoning scientism, but ... *Journal of Science Teacher Education* 12(3), 215-233.

Abd-El-Khalick, F. (1998). *The influence of history of science courses on students' conceptions of nature of science*. Unpublished doctoral dissertation. Oregon University. Corvallis.

Abd-El-Khalick, F., Lederman N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22, 665-701.

American Association For The Advancement Of Science (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

Bell R., Abd-El-Khalick F., Lederman G., Mccomas W., Matthews M. (2001). The nature of science and science education: A bibliography. *Science & Education* 10, 187-204.

Bentley, M. Y Garrison, J.W. (1991). The role of philosophy of science in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education* 2, 67-71.

Chalmers, A.F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd edition) Hackett Publishing Company. Indianapolis.

Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching* 27(5), 429-445.

Collins, S., Osborne, J.F., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What Ideas-about-Science should be taught in School Science?: A Delphy study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching* 40 (7), 692-720.

Driver R., Leach J., Millar R., Scout P. (1996). *Young peoples images of science*. Bristol: Open university Press.

Duschl, R.A. (1990). *Restructuring science education*. New York: Teachers College Press. Traducción al castellano *Renovar la enseñanza de las ciencias* (1997) Madrid: Narcea.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., Praia J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), 477-488.

Glasson, G.E., Benteley, M.L. (2000). Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education* 84 (4), 469-485.

Hodson, D. (1992). Assesment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science Education* 24, 41-52.

Irwing, A.R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84 (1), 5-26.

Koballa T.R., Glynn S.M., Upson L., Coleman D.C. (2005). Conceptions of teaching science held by novice teachers in an alternative certification program. *Journal of Science Teacher Education* 16, 287-308

Leach, J., Lewis, J. (2002). The role of students' epistemological knowledge in the process of conceptual change in science. En M. Limon y L.

Mason (Eds.) *Reconsidering conceptual change: Issue in theory and practice*. pp. 259-290, Dordrech: Kluwer Academic Publisher.

Lederman N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching* 29, 331-359.

Lederman N., Schwartz R., Abd-El-Khalick F., Bell, L. (2001). Pre-Service teachers' understanding and teaching of Nature of Science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 1(2), 135-160.

Mason L. (2002). Developing epistemological thinking to foster conceptual change in different domains. En M. Limon y L. Mason (eds.) *Reconsidering conceptual change: Issue in theory and practice*, 259-290, Dordrech: Kluwer Academic Publisher.

Matthews, M. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.

Matthews, M. (1998). In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research of Science Teaching* 35, 417-434.

Mccomas, W.F. (1998). *The nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Londres: Kluwer Academic Publishers.

Mccomas, W.F., Clough, M. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science. En W.F. McComas (Ed.) *The nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. pp. 3-40. Londres: Kluwer Academic Publishers.

Millar, R.H. (1994). What is scientific method? En R. Levinson (Ed.) *Teaching science*, pp. 41-48. London: Routledge.

National Research Council (1996). *National Science education standards*. Washington DC: National Academic Press.

Osborne, J., Collins S., Ratcliffe M., Millar R., Duschl R. (2002). What 'Ideas-about-Science' should be taught in school science? A delphy study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching* 40(7), 692-720.

Smith M.U., Scharmann L.C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analisis for classroom teachers and science educators. *Science Education* 83, 493-509.

Vazquez, A., Acevedo J. A., Manassero M. A. (2006). Consenso sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias y aplicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación en* http://www.rieoei.org/did_mat19.htm (consultado diciembre de 2006).

Anexo (Cuestionario)

1. En tu opinión, ¿qué es la Ciencia?
2. ¿Qué diferencia a las disciplinas científicas (Física, Biología, Química ...) de otras disciplinas (Psicología, Filosofía, Geografía ...)?
3. ¿Qué es un experimento? ¿Cuáles son sus características?
4. El conocimiento científico, ¿necesita la realización de experimentos para desarrollarse?
 - Si la respuesta es Sí, explica porqué. Pon un ejemplo para defender tu postura.
 - Si la respuesta es No, explica porqué. Pon un ejemplo para defender tu postura.
5. Los libros de ciencias experimentales presentan la corriente eléctrica en un circuito sencillo formado por una pila y una bombilla como un flujo de electrones que la energía de la pila mueve a lo largo de cable y que al pasar por el filamento de la bombilla hace que ésta brille. ¿Con que grado de certeza emiten los científicos esta teoría?, ¿Cuáles son las evidencias o los tipos de evidencias que utilizan los científicos para justificar que hay electrones circulando por el cable y justificar la teoría?
6. El texto que tienes a continuación explica el proceso de calentamiento de un gas de acuerdo con la teoría atómico-molecular. Tu tarea consiste en diferenciar entre los fenómenos reales y las explicaciones teóricas que se describen. Para ello, tienes que colocar las palabras que están en negrita en dos cuadros: Fenómenos reales e Ideas de la teoría.

"Al **calentar** un globo inflado, aumenta el **volumen del gas**, debido a que la **velocidad de las partículas** que conforman el gas aumenta al subir la **temperatura de éste**, y de este modo, la **distancia entre las partículas** aumenta; por otra parte, al aumentar la velocidad de las partículas **éstas chocan** con más frecuencia contra las paredes del globo, y la **presión del gas** también es mayor"

Fenómenos reales	Ideas de la teoría

Explica tu clasificación.

7. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia?. Representalo en esta gráfica y justifica la gráfica realizada.



8.1. ¿Qué factores crees que han influido más en la evolución del conocimiento científico?

8.2. Después de desarrollarse una teoría científica (como p.e. la teoría atómica, la teoría de la evolución, la teoría de la mecánica ...) vuelve a cambiar alguna vez?

- a. Si opinas que no cambia explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
- b.1. Si opinas que la teoría cambia, explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
- b.2. En este caso, explica por qué tenemos que molestarnos en estudiar las teorías científicas.