

¿QUÉ OCURRE CUANDO LOS MAESTROS/AS EN FORMACIÓN INVESTIGAN DRAGONES? EVALUACIÓN DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA PARA FACILITAR LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Marta R. Ariza

Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Jaén
mromero@ujaen.es

Ana M. Abril

Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Jaén
amabril@ujaen.es

Antonio Quesada

Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Jaén
antquesa@ujaen.es

Resumen

El principal objetivo de este trabajo es estudiar las creencias del profesorado de Educación Primaria en formación inicial sobre algunos aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia (NdC) y evaluar el potencial de la secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) "Investigando dragones" para promover actitudes más adecuadas sobre la NdC. Para ello se ha aplicado un diseño de investigación pre-test/pos-test utilizando como instrumento de evaluación un conjunto de cuestiones del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) relacionadas con la epistemología y la sociología interna de la ciencia. Los resultados ponen de manifiesto la existencia de creencias ingenuas en el profesorado en formación inicial, relacionadas con la objetividad de las observaciones y las teorías científicas, con la provisionalidad del conocimiento científico y con la naturaleza de las leyes y las teorías científicas. Estas creencias ingenuas se reducen en más de un 7% tras la aplicación de la SEA "Investigando dragones". El análisis de los índices actitudinales globales por cuestión y por categoría aporta una visión más compleja y pone de manifiesto el gran desafío asociado al cambio de actitudes sobre la NdC, mostrando limitaciones y sugiriendo futuras líneas de trabajo.



Palabras Clave: Naturaleza de la Ciencia; Creencias; Secuencia de Enseñanza; Formación de Profesorado; Maestros en Formación Inicial.

Abstract

The main aim of this work is to analyse initial teachers' beliefs on some issues of the Nature of Science (NOS) and evaluate the impact of the teaching sequence entitled 'Researching on dragons' to promote a more adequate view of NOS. A pre-test/post-test research design has been applied for this purpose using a subset of questions of the Views on Science, technology, Society (Spanish acronym COCTS) related to the epistemology and internal sociology of science. Outcomes reveal the presence of naive beliefs related to the objectivity of scientific observations and theories, the tentative nature of scientific knowledge and the differentiation between laws and theories. These naive beliefs decrease by 7% after the implementation of the teaching sequence 'Researching on dragons'. The analysis of global attitudinal indexes associated to each item and category offers a more complex view revealing that changing attitudes is a big challenge. Limitations and future lines of work are also discussed.

Keywords: Nature of Science (NOS); Beliefs; Teaching Sequence; Teacher Training; Initial Teacher Education.

Resumo

O principal objetivo deste trabalho é estudar as crenças dos docentes da Educação Primária na formação inicial sobre alguns aspetos relacionados com a natureza da ciência (NdC) e avaliar o potencial da sequência de ensino-aprendizagem (SEA) "Investigando dragões" para promover atitudes mais adequadas sobre a NdC. Para isso implementou-se um projeto de investigação pré-teste/pós-teste utilizando como instrumento de avaliação um conjunto de questões do Questionário de Opiniões em Ciência, Tecnologia e Sociedade (COCTS) relacionadas com a epistemologia e a sociologia interna da ciência. Os resultados demonstram a existência de crenças ingénuas nos docentes em formação inicial, relacionadas com a objetividade das observações e teorias científicas, com o carácter provisório do conhecimento científico e com a natureza das leis e teorias científicas. Estas crenças ingénuas são reduzidas em mais de 7% após a aplicação da SEA "Investigando dragões". A análise dos índices de atitude globais por questão e por categoria oferece uma visão mais



complexa e demonstra o grande desafio associado à mudança de atitudes sobre a NdC, mostrando limitações e sugerindo futuras linhas de trabalho.

Palavras-chave: Natureza da Ciência; Crenças; Sequência de Ensino; Docentes em Formação Inicial.

Introducción

Una revisión reciente sobre tendencias de investigación en enseñanza de las ciencias señala la “Naturaleza de la Ciencia” (NdC) como uno de los tópicos más influyentes en este ámbito y un elemento crítico de fundamentación teórica para cualquier investigador en didáctica de las ciencias (Lin, Lin y Tsai, 2014).

Además, al margen de la relevancia académica, este tema tiene una gran importancia educativa y social.

En un mundo altamente influenciado por la ciencia y la tecnología se requiere la capacidad de entender el fundamento de algunos de los avances y aplicaciones científico-tecnológicos, así como la complejidad y multidireccionalidad de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad.

De este modo, la alfabetización científica de los individuos, esto es, la formación de personas capaces de entender y apreciar los productos y procesos de la ciencia, se constituye como un objetivo clave de la educación (Clough y Almazroa, 1998; Fuller, 1997; Irwin, 1995; Jenkins, 1997; McComas, 2000; Millar, 1996; Ziman, 2000, citados en Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004).

Las estrechas relaciones y mutuas influencias entre ciencia, tecnología y sociedad justifican la alfabetización científica y la formación científica para una ciudadanía responsable. Es importante aprender sobre ciencia y tecnología para desenvolverse mejor en un mundo profundamente influenciado por éstas. Del mismo modo, la adecuada formación en ciencias y sobre la ciencia posibilita la realización de contribuciones más informadas en la participación pública como ciudadanos, al permitir la emisión de opiniones más rigurosas. La investigación e innovación en muchas ocasiones generan controversias socio-científicas que demandan ciudadanos capaces de participar de manera crítica y fundamentada en el debate de dichas cuestiones (Levinson, 2006).

Todas estas razones justifican que los contenidos relacionados con la NdC estén presentes de forma más o menos explícita en el currículo educativo de la mayoría de los países (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007b; Marín y Benarroch, 2009; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). No obstante, a pesar de ello, existe una carencia de materiales y propuestas didácticas específicamente diseñadas para trabajar de forma explícita los aspectos más importantes de la NdC.

Además, la investigación educativa ha puesto de manifiesto en repetidas ocasiones que el alumnado, el profesorado y la ciudadanía en general, poseen concepciones, creencias y actitudes inadecuadas sobre la NdC (Lederman, 2007). Dichas evidencias, junto con la importancia que este contenido posee en la actual educación de los individuos, hacen necesaria una apropiada formación del profesorado al respecto (Rudolph, 2000; Vázquez y Rodríguez, 2014).

Este trabajo presenta, por un lado, un análisis de las creencias de futuros maestros/as relacionadas con algunos aspectos de la NdC y por otro, un estudio de su evolución tras la implementación de la Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA) “Investigando dragones”. Esta SEA ha sido especialmente diseñada para trabajar algunos aspectos clave relacionados con la epistemología y la sociología interna de la ciencia. El análisis de la intervención de esta SEA nos permitirá caracterizar creencias ingenuas e investigar hasta qué punto dichas creencias evolucionan hacia una visión más informada.

Fundamentación Teórica

De acuerdo con Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002), el término “Naturaleza de la Ciencia” hace referencia a la ciencia como una forma de conocimiento y a los valores y creencias inherentes al conocimiento científico y a su desarrollo.

Otros autores proponen definiciones más complejas. Para Vázquez, Acevedo y Manassero (2004):

“la NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insigues. La NdC incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones



con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad “ (p. 3).

De la anterior definición se deduce que la NdC es un metaconocimiento de carácter interdisciplinar y dialéctico en el que caben complejos debates desde distintas perspectivas entre filósofos, sociólogos, historiadores, científicos y educadores. No obstante, se ha llegado a un cierto consenso acerca de los rasgos asociados a una visión adecuada de la NdC (Vázquez y Manassero, 2012). Entre estos rasgos cabe destacar, a nivel epistemológico, la afirmación de que el conocimiento científico progresa a partir de hipótesis que se confirman y de teorías y suposiciones que se refutan, lo que supone que el conocimiento científico evoluciona y cambia, pero no solo de forma meramente lineal o acumulativa. Además, se reconoce la carga teórica de las observaciones científicas; es decir, los científicos pueden observar cosas diferentes si mantienen teorías distintas que guían sus observaciones.

En relación al carácter real o inventado del conocimiento científico (uno de los aspectos más controvertidos sobre la NdC), se considera que “los científicos inventan para interpretar pero no inventan lo que la naturaleza hace”.

Con respecto a las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, se reconocen todas las interacciones posibles entre los tres elementos y también que la influencia es multidireccional (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Acevedo et al. 2007a, 2007b). Este último aspecto tiene varias repercusiones. En primer lugar, la ciencia no es una actividad aislada ni totalmente independiente, sino que se ve condicionada por la sociedad, la cultura y las ideologías imperantes. En segundo lugar, es necesaria una alfabetización científica que dote a los individuos con los conocimientos, valores y actitudes necesarias para participar en debates socio-científicos de manera fundamentada.

Compartiendo esta visión, y utilizando como marco conceptual las dimensiones y categorías sobre la NdC inherentes al cuestionario COCTS (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006), en el proyecto de investigación EANCYT se ha abordado el diseño de un conjunto de SEAs para la enseñanza de los rasgos claves asociados a una visión adecuada sobre la NdC (Vázquez, Manassero y Bennássar, 2014).

El proyecto mencionado incluye la SEA titulada “Investigando dragones” que ha

sido diseñada siguiendo los resultados de la investigación especializada. Las investigaciones sobre la eficacia que algunos de los recursos y propuestas formativas sobre NdC han tenido muestran la necesidad de abordar la enseñanza de estos contenidos de forma explícita y reflexiva. Por ejemplo, la revisión llevada a cabo por Deng, Chen, Tsai y Chai (2011) revela que el 88% de las intervenciones con enfoques explícitos suponen mejoras estadísticamente significativas de la comprensión de la NdC, mientras que sólo el 47% de las implícitas identificaron mejoras.

El enfoque explícito de la enseñanza requiere que los aspectos didácticos de NdC (objetivos, contenidos y evaluación) se planifiquen y aborden de manera intencional a través de secuencias de enseñanza aprendizaje (Vázquez y Rodríguez, 2014).

La SEA “Investigando dragones” que se ha aplicado en esta investigación pretende facilitar la distinción significativa entre hipótesis, teoría y ley, como objetivo didáctico vinculado a una mejora de la comprensión sobre la NdC. Una descripción y fundamentación más detallada de la SEA se puede encontrar en Ariza y Vázquez, (2013) y Vázquez, Manassero y Bennássar (2014).

Metodología

Este trabajo utiliza un diseño de investigación pre-test/post-test con objeto evaluar el potencial de la SEA “Investigando dragones” para modificar algunas creencias sobre la epistemología y la sociología interna de la ciencia en profesorado en formación inicial.

Población y muestra

El estudio se ha llevado a cabo con profesorado de Educación Primaria en formación inicial, en concreto, con un grupo de estudiantes del tercer curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Jaén durante el curso académico 2012-2013, en el contexto de la asignatura obligatoria “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”. La muestra (N=33) está compuesta por un 40% hombres y un 60% mujeres con un rango de edad comprendido entre los 20 y los 24 años, de los cuales sólo 22 asistieron a clase el día en el que se llevó a cabo la cumplimentación del post-test.

La secuencia de aprendizaje fue implementada durante una sesión de 2 horas



como parte de las prácticas de la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I” del plan de estudios del Grado en Educación Primaria (2009-2013) de la Universidad de Jaén.

Secuencia de enseñanza

La secuencia de enseñanza-aprendizaje “Investigando dragones” sigue el diseño de las 7E (Eisenkraft, 2003) e involucra a los estudiantes en un proceso de investigación sobre la capacidad reproductiva de los dragones en el que tendrán que formular hipótesis, analizar datos y extraer conclusiones coherentes con las evidencias disponibles. Se hace uso de una metodología centrada en el estudiante, donde el docente desempeña un papel de guía y motivador, lo que favorece el desarrollo de competencias científicas en el alumnado y facilita la distinción significativa entre los conceptos de hipótesis, ley y teoría científica. Una descripción más detallada de la SEA a través del ciclo de aprendizaje de las 7E se puede encontrar en el trabajo original publicado por Ariza y Vázquez (2013).

Instrumento

Como instrumento para valorar las actitudes y creencias del profesorado en formación inicial sobre algunos aspectos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia, se utilizó el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS). Este instrumento completo está formado por 100 cuestiones o ítems de opción múltiple y un total de 637 frases agrupadas por ítems, de modo que cada cuestión lleva asociados varias afirmaciones que han de ser valorados una a una por el participante; su diseño y validación han sido previamente descritos en Manassero, Vázquez y Acevedo (2001, 2003) y Vázquez, Manassero y Acevedo (2006), y se trata de una adaptación al contexto español de las cuestiones del Views on Science-Technology-Society (VOSTS) (Aikenhead y Ryan, 1989, 1992; Aikenhead, Ryan y Fleming, 1989) y del Teacher's Belief about Science-Technology-Society (TBASTS) (Rubba y Harkness, 1993; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996).

La forma de proceder para la cumplimentación del cuestionario de opción múltiple es la siguiente: los estudiantes, tras leer detenidamente los enunciados tanto de las cuestiones como de las frases relacionadas con cada cuestión, deben de indicar el grado de acuerdo personal con cada una de ellas, asignándoles un valor entre 1 y 9 (1 máximo desacuerdo y 9 máximo acuerdo). Además de las opciones numéricas, los

estudiantes podrán seleccionar, si así lo consideran oportuno, la opción S (“no sé lo suficiente”) o la opción E (“no entiendo la cuestión”). Las afirmaciones asociadas a cada cuestión previamente han sido clasificadas por un amplio panel de expertos en una de las siguientes categorías: “ingenua”, “plausible” o “adecuada” (Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006).

En el presente estudio se ha utilizado solamente un conjunto de cuestiones del instrumento descrito anteriormente (aquellas que se refieren al tema de la SEA). En concreto, se han utilizado 6 cuestiones del COCTS relacionados con la epistemología y la sociología interna de la ciencia: la observación (90111), la provisionalidad del conocimiento científico (90411), el estatus y las relaciones entre hipótesis, teorías y leyes científicas (90511 y 90541), las decisiones científicas (70221) y la influencia de los individuos en la toma de decisiones (70611). En la tabla 1 (Apéndice I) se recogen las cuestiones utilizadas para valorar las actitudes y creencias antes y después de la aplicación de la SEA, así como las frases relacionadas con cada una de ellas y su caracterización como “ingenuas”, “plausibles” y “adecuadas”.

Para el análisis de los datos se ha procedido a obtener el porcentaje de respuestas incluidas dentro de la categoría ingenua antes y después de la aplicación de la SEA. Además se han obtenido los índices actitudinales globales medios por cuestión y por categoría.

En segundo lugar se han calculado los índices actitudinales medios por cuestión y por categoría. Los índices actitudinales son valores normalizados dentro del intervalo (+1, -1) que promedian globalmente el grado de adecuación de las respuestas de los estudiantes en todas las frases que forman una cuestión o una categoría. Se definen como indicadores cuantitativos de las creencias y actitudes de los encuestados en relación a ese ítem. Cuanto más positivo y cercano al valor máximo (+1), más adecuada e informada se considera la actitud; y cuanto más negativo y cercano a la unidad negativa (-1), la actitud es más ingenua o desinformada (Acevedo et al., 2007 citado en Arranz, Vallés y Vázquez, 2014; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006).

Resultados

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el principal objetivo del presente trabajo ha sido determinar si la implementación de una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) que trabaja los conceptos de hipótesis, ley y teoría ha permitido al profesorado en formación inicial superar creencias erróneas sobre la NdC.



Tras obtener las respuestas de los estudiantes a los cuestionarios cumplimentados en pre-test, analizamos aquellas creencias ingenuas que tienen los estudiantes antes de trabajar la secuencia de enseñanza “Investigando dragones”. Después se determina el nivel de persistencia de estas creencias a la educación formal mediante su evaluación tras la implementación de la actividad.

El análisis de los datos se ha hecho, en primer lugar, estudiando la evolución del porcentaje de respuestas incluidas dentro de la categoría ingenua. Este análisis nos permite conocer si la intervención ha supuesto una mejora en las creencias poco adecuadas acerca de la NdC.

La tabla 2 muestra el porcentaje de respuestas ingenuas con las que los participantes mostraron un elevado grado de acuerdo (puntuaciones comprendidas entre 7-9) antes y después de la aplicación de la SEA. La figura 1 muestra un diagrama de barras en el que se observa el porcentaje de participantes que consideran adecuadas creencias ingenuas antes y después de la realización de la SEA “Investigando dragones”.

Tabla 2 – Creencias ingenuas que poseen los estudiantes sobre algunos conceptos epistemológicos y su persistencia tras la implementación de la SEA.

Cuestión	Ítem	% de estudiantes que la consideran adecuada (7-9 puntos)		Cuestión	Ítem	% de estudiantes que la consideran adecuada (7-9 puntos)	
		Pre-test	Pos-test			Pre-test	Pos-test
70221	A	60,61	54,55	90411	C	27,27	45,45
	C	3,03	9,09		D	30,30	13,64
70611	A	66,67	54,55	90511	A	54,55	59,09
	B	51,52	54,55		B	45,45	27,27
	C	39,39	31,82		C	27,27	22,73
90111	C	66,67	31,82		D	15,15	13,64
	D	33,33	31,82	90541	A	39,39	50,00
	E	15,15	27,27		F	9,09	4,55

Estos datos muestran un descenso de más del 7% en las respuestas ingenuas asociadas a las afirmaciones 70611A, 70611C, 90111C, 90441D y 905111B.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que tras la realización de la SEA “Investigando dragones” se reduce la creencia ingenua de que las observaciones científicas y el desarrollo de teorías son procesos totalmente objetivos no influenciados por el carácter de los científicos o las ideas dominantes (70611A, 70611C, 90111C).

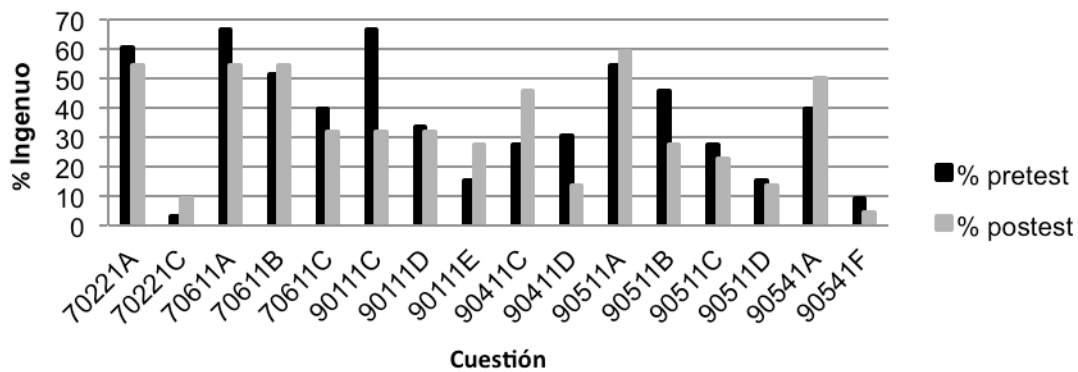


Figura 1 – Porcentaje de participantes que consideran adecuadas las creencias ingenuas sobre la NdC contenidas en las frases representadas.

Del igual forma se observa una reducción de más del 7% en la creencia de que el conocimiento científico parece cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior, pero en realidad el conocimiento antiguo no cambia (afirmación 90441D).

Además, tal y como se pretendía con el diseño específico de la SEA “Investigando dragones”, la realización de la secuencia de actividades permite superar creencias erróneas sobre los conceptos de teoría y ley científica. Esto se pone de manifiesto por una reducción importante de los participantes que consideran adecuada la afirmación 90511B. Antes de la intervención, el 45,45% del profesorado en formación inicial implicado en este estudio consideraba que las leyes se convierten en teorías con el tiempo mientras que este porcentaje se redujo al 27,3% después de la realización de la SEA “Investigando dragones”.

La visión predominante en los estudiantes afirma que las teorías se convierten



en leyes, una vez que han sido verificadas repetidamente y se dispone de un grado suficiente de evidencia. Esta visión dota a las leyes de una categoría superior respecto a las teorías, sin entender que las teorías, son diferentes formas de conocimiento científico que las leyes científicas, y su finalidad no es llegar a convertirse en éstas. Una ley científica es un enunciado que describe las relaciones observadas entre determinados factores o fenómenos, relaciones que frecuentemente se pueden expresar mediante una ecuación matemática. Por otra parte, una teoría científica es un marco conceptual que explica de forma coherente y consistente un conjunto de fenómenos interrelacionados (Ariza y Vázquez, 2013; Lederman, 2007).

También es importante llamar la atención sobre el hecho de que mientras se observa una mejora de más del 7% en las creencias 70611A, 70611C, 90111C, 90441D y 905111B, un empeoramiento de la ingenuidad superior a un 7% solamente se puede observar en los ítems 90111E, 90411C y 90541A; tras la intervención el profesorado en formación refuerza su idea ingenua de que las observaciones son exactamente lo que vemos, los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables y que el lenguaje mejor para la ciencia es simple, corto y directo. Estos resultados deberían de analizarse en profundidad para detectar si la explicación podría estar en algún aspecto metodológico de cómo se ha llevado a cabo la SEA o en cualquier otra situación generada en la implementación de la SEA.

La determinación de los índices actitudinales globales medios por categorías (tabla 3) para todo el grupo reduce la variabilidad pero revela las tendencias de los cambios tras la intervención: "mejora de las creencias ingenuas, lo que es coherente con los datos obtenidos en el análisis anterior de porcentajes de respuestas de acuerdo con frases ingenuas.

No obstante, los índices asociados a las categorías plausible y adecuada no experimentan mejora, incluso se percibe cierto empeoramiento. En el caso de la categoría adecuada los índices medios son los más altos y positivos por lo que parece obvio que resulten más difíciles de mejorar e incluso que descendan. Estos resultados ilustran una vez más que el cambio actitudinal es un proceso complejo que requiere tiempo, y que puede no bastar una intervención puntual para modificar creencias fuertemente arraigadas. Aunque en este caso la SEA "Investigando dragones" muestra una reducción de creencias ingenuas, esta reducción no va acompañada de un aumento perceptible de ideas más adecuadas. El proceso de cambio actitudinal requiere por tanto, el uso de contextos y experiencias que pongan en conflictos ideas

previas erróneas, pero también repetidas oportunidades de reflexionar explícitamente sobre la adecuación de creencias alternativas, que permitan avanzar hacia las más coherentes o apropiadas

Tabla 3 – Índices actitudinales globales medios por categoría.

Categoría	Pre-test		Pos-test	
	Índice actitudinal	Desviación estándar	Índice actitudinal	Desviación estándar
Adecuada	0,24	0,56	0,20	0,56
Plausible	-0,02	0,66	-0,05	0,66
Ingenua	-0,11	0,6	-0,07	0,6

A continuación se muestran los índices globales actitudinales medios por cuestión (figura 2).

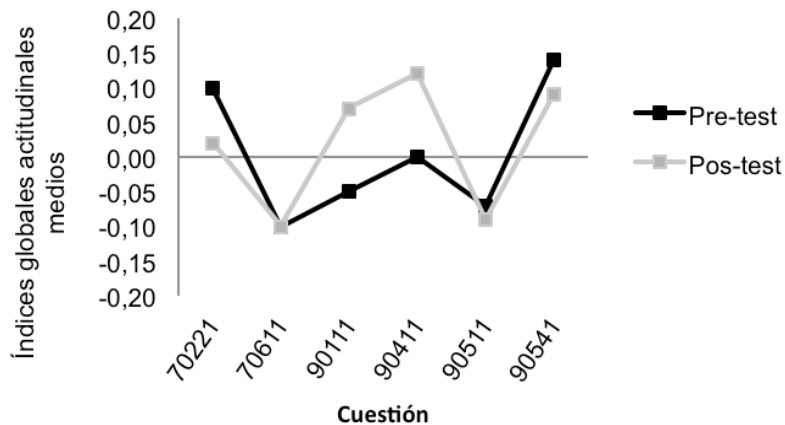


Figura 2 – Índices globales actitudinales medios en cada una de las cuestiones investigadas, antes y después de haber trabajado en el aula la secuencia de aprendizaje “Investigando dragones”

Los resultados muestran que, antes de la implementación, el profesorado en formación inicial ya presenta creencias más o menos ingenuas. Así por ejemplo, presentan creencias ligeramente alejadas de lo científicamente aceptado (valores negativos) para la cuestión 70611 y tienden a creer que el carácter de los científicos



no influirá en el contenido de una teoría. En este mismo sentido, y con respecto a la naturaleza de leyes y teorías (cuestión 90511), los índices, de nuevo muestran una ligera desviación hacia lo no aceptado científicamente, lo que sugiere que el profesorado en formación piensa que las teorías se convierten en leyes por acumulación de pruebas tal y como se ha comentado al discutir el porcentaje de respuestas asociadas a frases ingenuas. El índice actitudinal promedio asociado a dichas cuestiones no mejora ni empeora tras la implementación de la secuencia de aprendizaje, aunque hemos visto en un análisis más detallado de las frases asociadas a cada cuestión que, para algunas de ellas, existe un descenso de más del 7% en el acuerdo de los participantes con afirmaciones ingenuas.

El análisis de los índices actitudinales revela que existen algunos ítems con un índice positivo incluso antes de la implementación de la SEA, mostrando creencias de partida más próximas a las aceptadas por expertos. Este es el caso de la cuestión 70221 en la que se valoran los factores que influyen en la decisión de aceptar o rechazar una teoría. Por otro lado, y con respecto a la cuestión 90541, también se obtiene un índice positivo antes de la implementación, lo que indica que los estudiantes asumen que las buenas teorías científicas explican las observaciones, independientemente de su nivel de complejidad. La comparación de los datos pre-test/pos-test muestra que el índice actitudinal global asociado a estas cuestiones no experimenta una mejora, pero el descenso es cuantitativamente menor (especialmente en la cuestión 90541).

En cambio se observa una mejora en los índices actitudinales globales asociados a las cuestiones 90111 y 90411, tras la implementación de la secuencia de aprendizaje. En primer lugar, y con respecto a la cuestión 90111, se observa que ha habido un incremento en la comprensión de que las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías (Vázquez y Manassero, 2012). En segundo lugar, y con respecto a la cuestión 90411, se detecta que tras la implementación de la propuesta didáctica los encuestados tienden a comprender mejor la provisionalidad del conocimiento científico.

Globalmente, los índices medios de las cuestiones muestran dos cuestiones cuyos índices medios no cambian (70611, 90511), otros cuyos índices medios descienden un poco (70221, 90541) y otros dos temas (90411, 90511) cuyas mejoras son superiores a todos los demás. En suma, a pesar que los promedios suponen una disminución de la variabilidad y los cambios, se puede considerar que los promedios

de las cuestiones muestran un modesto efecto neto de mejora, puesto que, cuantitativamente, las diferencias que suponen mejoras son mayores que las diferencias que suponen descensos.

Discusión y Conclusiones

En este apartado pretendemos sintetizar las principales aportaciones del presente trabajo para finalizar señalando limitaciones y futuras líneas de trabajo. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto una vez más la presencia de creencias y actitudes ingenuas sobre la NdC en profesorado de Educación Primaria en formación, su resistencia al cambio y la posibilidad de mejora con una adecuada intervención.

En primer lugar se ha llevado a cabo un estudio de la visión que futuros maestros/as tienen sobre el tema estudiado de la NdC sobre las investigaciones científicas; se ha utilizado como instrumento de evaluación un conjunto de cuestiones del COCTS relacionadas con aspectos clave sobre la epistemología y la sociología interna de la ciencia.

Para conocer hasta qué punto dichas creencias son estables o pueden ser modificadas con una adecuada formación, se ha seguido un diseño de investigación pre-test/pos-test sometiendo a los participantes al instrumento de evaluación, antes y después de la intervención (breve, dos horas, y específica, sobre el tema de investigar dragones).

La intervención ha consistido en la implementación de la SEA “Investigando Dragones”. Esta SEA está fundamentada en la literatura especializada y ha sido explícitamente diseñada para promover una evolución de algunas creencias ingenuas sobre la NdC asociadas a las dimensiones anteriormente mencionadas. En este sentido incorpora el diseño de las 7E (Eisenkraft, 2003) y tiene en cuenta la importancia de abordar los aspectos de la NdC de forma explícita, enfatizando la reflexión en torno a ellos (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009; Akerson, Hanson y Cullen, 2007; Deng et al., 2011; García, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2007). La fundamentación y descripción detalladas de la SEA están disponibles en una publicación previa (Ariza y Vázquez, 2013).

El análisis de resultados se centra en el estudio por una parte, de la evolución de las respuestas ingenuas comparando el porcentaje de respuestas antes y después de la intervención y por otra, en el análisis de los índices actitudinales por ítem y



categoría.

El primer análisis pone de manifiesto una reducción de más del 7% en las creencias ingenuas expresadas en las afirmaciones 70611A, 70611C, 90111C, 90441D y 905111B. En este sentido la SEA promueve la evolución hacia una visión más informada acerca de la influencia de factores personales e ideológicos en las observaciones científicas y el desarrollo de teorías (70611A, 70611C, 90111C), así como sobre la provisionalidad del conocimiento científico (90441).

Además se ha comprobado que antes de la intervención, el 45,5% del profesorado en formación inicial implicado en este estudio consideraba que las leyes se convierten en teorías con el tiempo, mientras que este porcentaje se ha reducido al 27,3% después de la realización de la SEA "Investigando dragones". Esto supone una aportación importante debido a la escasez de propuestas didácticas especialmente diseñadas para trabajar de forma significativa la distinción entre hipótesis, teoría y ley, así como la creencia fuertemente arraigada de que las leyes científicas tienen un estatus superior a las teorías. Una visión informada de la ciencia implica reconocer que las leyes y las teorías son formas diferenciadas de conocimiento, que cumplen distintas funciones (describir y explicar respectivamente) y que las teorías no se convierten en ley con el tiempo.

En líneas generales, estos datos son coherentes con los obtenidos en evaluaciones previas de la influencia de la SEA "Investigando dragones" (Arranz, Vallés y Vázquez, 2012; Arranz, Vallés y Vázquez, 2014; Vallés y Arranz, 2013). No obstante, los trabajos citados se corresponden con una investigación sobre la evolución de las creencias en alumnado de Educación Secundaria, mientras que nuestro trabajo versa sobre profesorado en formación inicial. Estos resultados apoyan una vez más que las creencias inadecuadas sobre NdC son propias no sólo de niños o adolescentes sino también de universitarios o profesorado, lo que hace más urgente aún la necesidad de desarrollar intervenciones que permitan su evolución hacia una visión más apropiada, especialmente en el caso de individuos que van a tener en sus manos la formación en ciencias de los futuros ciudadanos. Por otro lado, el análisis de los índices actitudinales por categoría y cuestión confirma en parte los resultados comentados anteriormente, pero también pone de manifiesto el gran desafío asociado al cambio actitudinal. Mientras que se observa claramente una reducción de creencias ingenuas (el índice actitudinal de la categoría ingenua se hace menos negativo), no se percibe una mejora sustancial en los índices actitudinales asociados a las categorías

plausible y adecuada. En particular, esta última categoría (adecuada) tiene una puntuación bastante positiva relativamente y siempre parece obvio que resulta más difícil mejorar lo que ya es positivo; este mismo efecto se observa en las puntuaciones medias de las cuestiones, donde también las dos cuestiones con los índices medios más positivos empeoran ligeramente. De igual modo el análisis pre-test/pos-test de los índices actitudinales medios asociados a cada cuestión muestra que en algunos casos se consigue una mejora mientras que en otros no se percibe una evolución actitudinal positiva.

No obstante, hay que llamar la atención sobre el hecho de que la evaluación global, atendiendo al promedio del grupo, es un criterio bastante exigente y que reduce la variabilidad y el cambio observable; a nivel individual, resultados preliminares sugieren que algunos estudiantes han evolucionado de una actitud más ingenua a una más informada, un rasgo que no se puede extraer de los resultados presentados.

En cualquier caso, y a pesar de la reducción de creencias ingenuas y que la mejora media cuantitativa de las cuestiones supera modestamente al descenso, los resultados ponen de manifiesto que el cambio de actitud considerado como el resultado de un conjunto de creencias interrelacionadas entre sí, es un proceso complejo y costoso que requiere tiempo.

Por todo ello, en futuros trabajos sería conveniente profundizar en la comprensión de los factores que favorecen el cambio de creencias y actitudes sobre la NdC a través de ciclos iterativos de implementación, evaluación y refinado y llevar a cabo investigaciones enfocadas al diseño que permitan optimizar las actuaciones al respecto (Ariza, 2014).

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

Referencias

Abd-El-Khalick, F., y Akerson, V. L. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2161-2184.



- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., y Acevedo, P. (2007 a). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Aspectos Epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Fundamentos de una Investigación Empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica*, 4(1), 42-66,
- Aikenhead, G. S., y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Aikenhead, G. S., y Ryan, A. G. (1989). The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics. Final Report of SSHRCC Grant. Saskatoon (Canadá): Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan.
- Aikenhead, G. S., Ryan, A., y Fleming, R. (1989). *Views on science-technology-society (form CDN.mc.5)*. Saskatoon, Canada: Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan.
- Akerson, V. L., Hanson, D. L., y Cullen, T. A. (2007). The influence of guided inquiry and explicit instruction on K-6 teachers' views of nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 751-772.
- Ariza, M. R. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159-176.
- Ariza, M. R., y Vázquez, A. (2013). Investigando dragones: una propuesta para construir una visión adecuada de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.
- Arranz, M., Vallés, C., y Vázquez-Alonso, A. (2012). *Una propuesta para la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia en la Enseñanza Secundaria Obligatoria*. VII Seminario Ibérico/III Seminario Iberoamericano CTS en la Enseñanza de las Ciencias "Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias). Consultado en http://www.oei.es/seminarioctsm/PDF_automatico/F25textocompleto.pdf
- Arranz, M., Vallés, C., y Vázquez-Alonso, A. (2014). Implementación en el aula de una secuencia de enseñanza-aprendizaje para trabajar los conceptos epistemológicos: hipótesis-teoría-ley. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 231-244.

- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., y Chai, C. S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961-999.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., y Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. En *Handbook of Research in Science Education*, 2ª edición (pp. 831-879). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.
- Lin, T. C., Lin, T. J., y Tsai, C. C. (2014). Research Trends in Science Education from 2008-2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Manassero, M. A., Vázquez, A., y Acevedo, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Marín, N., y Benarroch, A. (2009). Desarrollo, validación y evaluación de un cuestionario de opciones múltiples para identificar y caracterizar las visiones sobre la ciencia de profesores en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 89-108.
- Rubba, P. A., y Haskness, W. L. (1993). Examination of Pre-service and In-Service Secondary Science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.
- Rubba, P. A., Schoneweg-Bradford, C., y Harkness, W. L. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.
- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- Vallés, C., y Arranz. M. (2013). Resultados de una secuencia de enseñanza



- innovadora para la comprensión de la naturaleza de la ciencia en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias: Número Extra*, 2957-2962
- Vázquez, A., y Rodríguez, A. M. (2014). Formación del profesorado en naturaleza de la ciencia mediante investigación-acción. *Praxis & Saber*, 5(9), 165-188.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación, edición electrónica de los lectores*. Consultado en <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A., y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: la Comunidad Tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., y Acevedo, J. A. (2006). An analysis of complex multiple choice science-technology-society items: Methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4) 681-706.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., y Bennássar, R. (2014). *Secuencias de Enseñanza - Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Unidades Didácticas del Proyecto EANCYT*. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 34-55.



Apéndice I

Tabla 1. Cuestiones del COCTS utilizadas en la prueba pre-test/pos-test y clasificación por expertos de las afirmaciones en las categorías ingenua, plausible y adecuada.

Cuestión		Frase / Ítem	Categorización
70221	Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales	A. Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial.	Ingenua
		B. Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría haya sido comprobada con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.	Adecuada
		C. Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos estarán influidos por sus sentimientos personales, mientras que otros se cumplirán su deber de tomar sus decisiones basándose sólo en los hechos.	Ingenua
		D. Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones serán influidas, en alguna medida, por sus propios sentimientos internos, por su opinión sobre la teoría, o por beneficios personales tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.	Adecuada
		E. Las decisiones de los científicos se basan menos en los hechos y más en sus propios sentimientos, su opinión personal sobre la teoría, o en los beneficios personales, tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.	Plausible



Cuestión		Frase / Ítem	Categorización
70611	Con los mismos conocimientos básicos, dos científicos pueden desarrollar la misma teoría independientemente uno de otro. El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría	A. porque el contenido se basa en hechos y en el método científico, que no están influidos por aspectos personales.	Ingenua
		B. porque el contenido se basa en hechos y éstos no están influidos por aspectos personales. Sin embargo, la forma en que un científico realiza un experimento estará influida por su carácter.	Ingenua
		C. porque el contenido se basa en hechos. Sin embargo, la forma en que un científico interpreta los hechos estará influida por su carácter.	Ingenua
		D. porque diferentes científicos realizan la investigación de manera diferente (por ejemplo, la probarán más profundamente o se plantearán cuestiones un poco diferentes). Por tanto, obtendrán diferentes resultados. Entonces estos resultados influirán en el contenido de una teoría.	Plausible
		E. porque diferentes científicos pensarán de manera diferente y tendrán ideas u opiniones un poco diferentes.	Adecuada
		F. porque el contenido de una teoría puede ser influido por lo que un científico quiere creer; los sesgos también influyen.	Adecuada



Cuestión		Frase / Ítem	Categorización
90111	Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías	A. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	Adecuada
		B. Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.	Adecuada
		C. Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos creen en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.	Ingenua
		D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	Ingenua
		E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	Ingenua
90411	Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro	A. porque los científicos mas jóvenes desaprueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes, o para detectar errores en la investigación original "correcta".	Plausible
		B. porque el conocimiento viejo antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	Adecuada
		C. El conocimiento científico PARECE cambiar porque puede ser distinta la interpretación o la aplicación de viejos hechos; pero los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables.	Ingenua
		D. El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.	Ingenua



Cuestión		Frase / Ítem	Categorización
90511	Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes	A. porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.	Ingenua
		B. porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan, es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parecer ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.	Ingenua
		C. porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.	Ingenua
		D. Las teorías no pueden convertirse en leyes porque ambas son ideas de distinta clase. Las teorías se basan en ideas científicas que son ciertas en menos del 100%, y por eso no se puede probar que las teorías sean verdaderas. Sin embargo, las leyes se basan sólo en hechos y son seguras al 100%.	Ingenua
		E. Las teorías no pueden convertirse en leyes porque ambas son ideas de distinta clase. Las leyes describen fenómenos naturales. Las teorías explican fenómenos naturales. Por tanto las teorías no pueden convertirse en leyes. Sin embargo, con pruebas que las apoyen, las hipótesis pueden convertirse en teorías (explicaciones) o leyes (descripciones).	Adecuada



Cuestión		Frase / Ítem	Categorización
90541	Las buenas teorías científicas explican bien las observaciones. Pero las buenas teorías son más bien simples que complicadas	A. Las buenas teorías son simples. El lenguaje mejor para la ciencia es simple, corto y directo.	Ingenua
		B. Depende de cuan profundamente se quiera llegar en la explicación. Una buena teoría puede explicar algo bien de forma simple o de forma complicada.	Plausible
		C. Depende de la teoría. Algunas buenas teorías son simples y otras son complicadas.	Adecuada
		D. Las buenas teorías pueden ser complicadas, pero debe ser posible traducirlas a un lenguaje sencillo para usarlas.	Plausible
		E. Las teorías son normalmente complicadas. Si están implicados muchos detalles algunas cosas no pueden simplificarse.	Plausible
		F. La mayoría de las buenas teorías son complicadas. Si el mundo fuera más sencillo, las teorías podrían ser más sencillas.	Ingenua