

BARCOS DE PLASTILINA: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE PARA MEJORAR LA COMPRENSIÓN SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Marta R. Ariza

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

Ángel Vázquez Alonso

Universidad de las Islas Baleares
angel.vazquez@uib.es

Antonio Quesada Armenteros

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

Daniel Aguirre

Colegio Pedro Poveda (Jaén)
d.aguirre3@gmail.com

Resumen

La investigación didáctica sugiere la importancia de promover una enseñanza explícita y reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en la educación científica, señalando los beneficios derivados de ello y el papel clave de estos contenidos innovadores para la alfabetización científica de la ciudadanía. El presente trabajo describe una secuencia de enseñanza y aprendizaje diseñada para facilitar la comprensión de estudiantes de secundaria sobre un aspecto de NdCyT (naturaleza de las investigaciones científicas). Con este propósito, ofrece un contexto en el que el alumnado ha de plantear hipótesis, diseñar experimentos para poner a prueba sus ideas iniciales, construir modelos conceptuales que expliquen las evidencias observadas y comunicar y discutir resultados junto con las reflexiones apropiadas sobre esos procesos. De este modo, no sólo se les involucra en un aprendizaje explícito y activo que promueve el desarrollo de conocimientos, procedimientos y competencias científicas, sino que se les familiariza con el modo en que la ciencia construye conocimiento, es decir, se promueve la comprensión de NdCyT. Para valorar el impacto de la propuesta hemos utilizado un diseño



pre-test/post-test con grupo control y experimental con objeto de evaluar la evolución de algunas de las creencias asociadas al trabajo científico. Los resultados muestran algunos indicadores modestos de mejora del grupo experimental en la comprensión de la naturaleza de las investigaciones científicas.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT); Alfabetización científica; Competencias científicas; Secuencia de enseñanza.

Resumo

A investigação didática sugere a importância de promover um ensino explícito e reflexivo sobre a Natureza da Ciência e da Tecnologia (NdCeT) na educação científica, assinalando os benefícios daí derivados e o papel chave destes conteúdos inovadores para a alfabetização científica dos cidadãos. O presente trabalho descreve uma sequência de ensino e aprendizagem desenhada para facilitar a compreensão de um aspeto de NdCeT (natureza das investigações científicas) aos alunos do ensino secundário (14 anos). Com este propósito, oferece um contexto no qual os alunos poderão colocar hipóteses, desenhar percursos experimentais para testar as suas ideias iniciais, construir modelos conceptuais que expliquem as evidências observadas e comunicar e discutir resultados ao mesmo tempo que refletem sobre esses processos. Deste modo, não só se envolvem numa aprendizagem explícita e ativa que promova o desenvolvimento de conhecimentos, procedimentos e competências científicas, mas também que se familiarizem com o modo como a ciência constrói conhecimento, ou seja, promove-se a compreensão da NdCeT. Para valorizar o impacto da proposta utilizámos um desenho pre-teste/pos-teste com grupo de controlo e grupo experimental com o objetivo de avaliar a evolução de algumas das conceções associadas ao trabalho científico. Os resultados mostram alguns indicadores de melhoria modesta no grupo experimental para a compreensão da natureza da investigação científica.

Palavras-chave: Natureza da Ciência e da Tecnologia (NdCeT); Alfabetização científica; Competências associadas ao trabalho científico.



Abstract

Research in science education suggests the educational benefits and importance of explicitly teaching about Nature of Science and Technology (NoS&T) in science education as an innovative and essential component of scientific literacy. This paper presents a teaching sequence designed to facilitate the understanding of a NoS aspect (scientific research) at secondary school. This proposal engages students in an inquiry process where they formulate hypothesis, design experiments, develop conceptual models to explain evidence and present and discuss results along with the corresponding reflective activities on these issues. Throughout the whole process they become active learners, involved in explicit activities, and develop cognitive, procedural and scientific competences while becoming familiar with the way science constructs knowledge, that is to say, understanding NoS&T. A pre-test/post-test design with control and experimental groups have been used to evaluate the teaching sequence through assessment of the evolution of some students' beliefs and attitudes associated with scientific work. The results show some indicators of modest improvement about the experimental group's understanding on the nature of scientific research.

Keywords: Nature of Science and Technology (NoS&T); Scientific literacy; Scientific competences; Teaching sequence.

Introducción

La Naturaleza de la Ciencia, comúnmente abreviada NdC en el ámbito hispano-hablante y NoS (Nature of Science) en terminología anglosajona, ha sido ampliamente reconocida como un contenido curricular clave de la educación científica. Este tópico es considerado por los especialistas, como un componente central de la alfabetización científica para todos, esencial para la generación de ciudadanos informados, capaces de participar de manera responsable en debates socio-científicos (McComas y Olson, 1998; Millar, 2006).

Una visión adecuada sobre NdC permite comprender cómo se desarrolla y valida el conocimiento científico y apreciar su influencia en la capacidad humana para entender el medio y mejorar la calidad de vida. Tiene en cuenta las complejas y multidireccionales interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad y por lo tanto,



incluye no sólo aspectos epistemológicos, sino también aspectos sociológicos y todo lo relacionado con la tecnología, de modo que también se amplía este concepto (Bennássar, Vázquez, Manassero, García-Carmona, 2010) como Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT).

La literatura especializada revela que estudiantes de distintos niveles educativos, profesorado y ciudadanía en general, poseen visiones deformadas, simplistas o inadecuadas sobre la NdC (Lederman, 2007). Estas concepciones provienen, en parte, de la formación recibida y de los estereotipos sociales imperantes deformados, por lo que se hace necesario diseñar y aplicar estrategias didácticas para corregirlas o hacerlas evolucionar hacia visiones más adecuadas. En este sentido, algunas investigaciones recientes muestran que la efectividad educativa de aproximaciones didácticas encaminadas a trabajar la NdC tiene dos requisitos clave: el carácter explícito de la enseñanza y la realización de actividades enfocadas a promover la reflexión sobre esta temática (ver las revisiones de Acevedo, 2008; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011).

Los beneficios educativos derivados de la inclusión de la NdC como objetivo didáctico se contraponen a las evidencias que muestran el predominio de visiones deformadas. Estos hechos junto con la carencia de recursos didácticos específicos (Acevedo, 2009a, b) señalan la necesidad de disponer de propuestas educativas, explícitamente diseñadas para mejorar la comprensión de la NdC.

Atendiendo a estas demandas y dentro del proyecto de investigación *Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología (EANCYT): Una Investigación Experimental y Longitudinal*, este artículo presenta la Secuencia de Enseñanza y aprendizaje (SEA) titulada “Barcos de plastilina”, diseñada para familiarizar a los estudiantes de educación secundaria con la forma en que la ciencia desarrolla y valida conocimiento.

La SEA involucra a los estudiantes en un proceso de investigación colaborativa donde tendrán que emitir hipótesis, diseñar experimentos, contrastar sus ideas iniciales y comunicar y discutir los resultados obtenidos elaborando un *informe científico*. En el proceso se pondrá de manifiesto la importancia de la experimentación y de la construcción de modelos explicativos para la ciencia y permitirá conocer qué son los artículos científicos y qué papel juegan en la validación de nuevo conocimiento.



Fundamentación teórica

La enseñanza de las ciencias se ha abordado tradicionalmente a partir de la estructuración lógica de los contenidos conceptuales que se pretendían enseñar, dando a entender que la ciencia es un cuerpo de conocimientos acabados y definitivos y, por tanto, dotándola de un cierto carácter dogmático y autoritario (Acevedo, Vázquez, Manassero, y Acevedo, 2007b; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002). Este enfoque resulta en un aprendizaje teórico de la ciencia escolar que no resulta ni funcional ni significativo para la mayoría de los ciudadanos, pues no les ayuda a comprender la naturaleza de la ciencia y la tecnología ni sus implicaciones reales (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004).

Una enseñanza de las ciencias centrada en la transmisión de conocimientos teóricos se corresponde con una imagen de la ciencia incompleta, pues no contempla la idiosincrasia de su desarrollo, cómo construye su conocimiento, cómo éste evoluciona con el tiempo, cómo la ciencia se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos en el desempeño de su actividad profesional, etc. Todos estos aspectos son elementos clave de la NdC (Vázquez–Alonso y Manassero–Mas, 2012).

En las últimas décadas, se ha ido imponiendo un consenso creciente que propone incluir explícitamente en los currículos escolares una enseñanza sobre la ciencia misma, es decir, sobre la NdC. Esta se considera una parte esencial de la alfabetización científica y debería ser irrenunciable y sustantiva en cualquier curso de ciencias (Clough y Almazroa, 1998; Fuller, 1997; Irwin, 1995; Jenkins, 1997; McComas; Ziman, 2000, citados en Vázquez et al. 2004).

Numerosos países (Australia, Canadá, EE.UU., Nueva Zelanda, Reino Unido, etc.) incluyen explícitamente la enseñanza de la NdC en sus currículos de ciencias reformados (Marín y Benarroch, 2009; Acevedo et al., 2007b; Vázquez et al., 2004) y muchos otros lo hacen de una forma más o menos parcial o implícita.

En realidad, la NdC ha sido reivindicada como un importante objetivo didáctico desde hace más de cien años. Varias reformas educativas recientes en distintos lugares del mundo, lo recogen como un contenido crítico para la formación de los individuos (Lederman, 2007).

Algunos de los argumentos que han sido esgrimidos numerosas veces en la literatura especializada enfatizando la importancia de trabajar la NdC, son aquellos



inicialmente propuestos por Driver, Leach, Millar y Schoot (1996) y posteriormente utilizados por otros autores (Vázquez, García-Carmona y Manasero, 2010).

Desde un punto de vista práctico y funcional, la comprensión de la NdC es útil para entender algunos de los fenómenos y procesos cotidianos y desenvolverse en el uso de los dispositivos tecnológicos que nos rodean (argumento utilitario). Además, este tipo de formación permite tomar decisiones informadas a cerca de temáticas socio-científicas, lo que resulta importante para la educación de ciudadanos responsables, capacitados para participar en una sociedad democrática. También se defiende que trabajar con los estudiantes sobre NdC promueve el reconocimiento de ésta como una parte fundamental de la cultura contemporánea (argumento cultural) y ayuda a valorar las normas y compromisos éticos, asociados al desarrollo del conocimiento científico (argumento moral). Por último, desde el punto de vista del aprendizaje de las ciencias, trabajar sobre NdC facilita la comprensión de las propias ideas y de los conceptos científicos.

A los anteriores argumentos se puede añadir otro especialmente importante en la educación científica: NdC da sentido e impone coherencia a todo el currículo científico escolar, de modo que todos sus elementos (objetivos, contenidos, metodología, evaluación, actividades) y la enseñanza misma que aplica el profesor en el aula, mantengan un exigente nivel de concordancia con los principios de NdC (Bennássar et al. 2010). Al desgranar estos argumentos es fácil apreciar que los objetivos didácticos asociados a la NdC están directamente relacionados con la alfabetización científica y tecnológica para todos (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005; Lederman, 2007; Acevedo et al. 2007a; Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007).

Sin embargo, Lederman (2007), en su capítulo titulado *Naturaleza de la Ciencia: Pasado, Presente y Futuro*, señala que aunque los argumentos citados anteriormente ofrecen nobles razones para justificar la enseñanza de NdC, las razones esgrimidas tienen un carácter fundamentalmente intuitivo y carecen de suficiente fundamento empírico. Vázquez et al. (2010), recogiendo el anterior desafío, han procedido a revisar la bibliografía disponible, con objeto de buscar evidencias asociadas a los supuestos beneficios pedagógicos, derivados de incluir la NdC como contenido curricular. Especialmente, se han centrado en cómo una mejor comprensión de la NdC influye en las creencias y actitudes de los estudiantes a cerca de temáticas socio-científicas. Tras la revisión de la literatura han constatado que una visión adecuada de



la NdC reduce las ideas previas erróneas de los estudiantes y les ayuda a entender los contenidos científicos. Además, promueve actitudes positivas hacia la ciencia y aumenta la capacidad del alumnado para argumentar sobre temáticas controvertidas, favoreciendo el desarrollo del pensamiento crítico y responsable. En esta misma línea, afirman que las aproximaciones en el aula a través de los aspectos socio-científicos reducen el rechazo de los estudiantes hacia temáticas controvertidas, tales como por ejemplo, los aparentes conflictos entre ciencia y religión. Más aún, la introducción de consideraciones sociológicas y antropológicas asociadas al desarrollo científico supone la incorporación de normas sociales y epistemológicas, que ayudan al alumnado a apreciar la ciencia como una forma avanzada y beneficiosa de conocimiento, aunque el estudiante no lleve a cabo una carrera científica.

Sin embargo, la investigación sobre este tópico ha mostrado repetidas veces que los ciudadanos en general, los estudiantes e incluso los profesores, no poseen visiones adecuadas sobre la NdC (Lederman, 2007). Estos resultados señalan la necesidad de replantear la enseñanza de las ciencias en este sentido y desarrollar propuestas educativas que promueven una imagen adecuada sobre la NdC.

Además las revisiones sobre tendencias de investigación muestran la NdC como uno de los tópicos más influyentes y un elemento crítico de fundamentación teórica para cualquier investigador en didáctica de las ciencias (Lin, Lin y Tsai, 2014).

Partiendo del marco teórico perfilado, en el siguiente epígrafe procedemos a describir la SEA titulada “Barcos de plastilina”, diseñada para mejorar la comprensión de la NdC en estudiantes de Educación Secundaria.

Fundamentación Didáctica

A continuación se perfilan los rasgos más significativos del marco teórico del proyecto Enseñanza y Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología (EANCYT): Una Investigación Experimental y Longitudinal, dentro del cual se ha abordado el diseño de la SEA “Barcos de plastilina”.

El marco teórico para el diseño del conjunto de las SEA del proyecto tiene tres elementos: una estructura de contenidos, una estructura didáctica y la teoría general de las secuencias de enseñanza y aprendizaje.

La estructura conceptual de los contenidos generales para la enseñanza de NdC adopta la estructura utilizada para evaluar la comprensión de NdC propuesta por



Aikenhead y Ryan (1992) para el banco de cuestiones Views on Science, Technology and Society (VOSTS) desarrollado empíricamente, a partir de entrevistas y encuestas a estudiantes, mostrando un amplio abanico de posiciones, donde se incluyen concepciones alternativas e ideas ingenuas o poco informadas sobre la NdC. Este instrumento incluye dimensiones epistemológicas y sociológicas, cuya estructura está formada por las siguientes dimensiones: definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas, epistemología de la ciencia, la influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología, la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad, la educación en ciencia y tecnología, la sociología interna de la ciencia y tecnología. Este instrumento se ha traducido y adaptado al contexto cultural español, con la adición de otras cuestiones con el mismo formato del Teacher's Belief about Science-Technology-Society – TBA-STS – (Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996), para dar lugar a un banco de 100 cuestiones denominado Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad – COCTS. La SEA que se presenta aquí corresponde a la dimensión de epistemología de la ciencia, y dentro de ella, al tema de aproximación a las investigaciones científicas (Bennássar et al., 2010).

La estructura didáctica adoptada para el diseño de las SEA proviene del denominado “ciclo de aprendizaje 7E” (Eisenkraft, 2003) porque los nombres de sus siete etapas, que se desarrollan cíclicamente, empiezan con la letra E: Elicitar, envolver, explorar, explicar, elaborar, extender y elaborar.

Finalmente, estas estructuras didácticas específicas participan del marco teórico general de las secuencias de enseñanza y aprendizaje y las progresiones de aprendizaje (Duschl, Maeng y Sezen, 2011), cuyos elementos básicos (concepciones de los alumnos, características del dominio científico específico, supuestos epistemológicos, perspectivas de aprendizaje, teorías y enfoques pedagógicos, características del contexto educativo, análisis de contenido, motivaciones y limitaciones de la educación) se desarrollan en el material didáctico que se presenta, a través de la implementación de las estructuras específicas anteriores.

Barcos de Plastilina: Aproximación a las Investigaciones Científicas

La secuencia didáctica que describimos a continuación presenta las siguientes características:



- Tiene como principal objetivo didáctico promover la comprensión en torno a un tema concreto de NdC (investigaciones científicas), aunque permite al mismo tiempo, trabajar contenidos del currículo relacionados con las Ciencias de la Naturaleza.
- Toma como referencia la estructura del banco de cuestiones COCTS, instrumento aplicado para el diagnóstico de concepciones sobre la NdC, y algunas de sus cuestiones se aplican como instrumento de evaluación de la SEA.
- Parte de las ideas previas de los estudiantes en relación con el tema que se va a tratar, por lo que la primera actividad de la secuencia didáctica está encaminada a la explicitación de estas.
- Pone en práctica una metodología, donde el estudiante es concebido como un aprendiz activo que comprende e integra significados a través de la interacción con el medio y con otros individuos.
- El docente adopta un rol de orientador y dinamizador de la actividad reflexiva y argumentativa del alumnado.
- Concede especial importancia al debate y la comunicación como instrumentos para promover la construcción social de conocimiento a través de la reflexión, exposición, contraste y evaluación de ideas.
- Se pretende instaurar una cultura de la argumentación, cuya adecuación se sustenta en su coherencia lógica y en la explicación de las evidencias disponibles. La validez de una idea reside en los hechos o argumentos que la justifican y en su poder explicativo.

A continuación presentamos la secuencia de enseñanza y aprendizaje de la propuesta educativa para esta SEA.

Explicitación de las ideas previas de los estudiantes y justificación de la unidad didáctica

La secuencia de enseñanza y aprendizaje se inicia planteando una serie de preguntas que buscan la manifestación de las ideas previas de los estudiantes, en relación con el tema que se va a trabajar, así como despertar su interés hacia el mismo. Con este propósito el docente podría plantear cuestiones como: ¿De qué



depende que un cuerpo flote o se hunda? ¿Cómo podrías comprobar la validez de tus respuestas? ¿Qué es una hipótesis? ¿Cómo buscan respuestas los científicos? ¿En qué se basan?

El docente puede recoger las contribuciones de los estudiantes en la pizarra. Es recomendable, en este momento, evitar hacer comentarios que impliquen una valoración de la adecuación de las respuestas ofrecidas. Por el contrario, es importante fomentar una atmósfera de trabajo donde todas las contribuciones son aceptables.

Tras la lluvia inicial de ideas es conveniente explicitar los objetivos de la SEA. En este sentido, se informa a los estudiantes que el principal propósito de esta tarea es entender mejor de qué forma los científicos investigan y desarrollan conocimiento. Para ello se va a abordar el estudio de la flotabilidad de los cuerpos utilizando una metodología científica, esto es, planteando preguntas, formulando hipótesis y comprobando la validez de dichas hipótesis en base a la observación y la experimentación.

Introducción-motivación

Despertar el interés del alumnado hacia lo que se va a trabajar es un aspecto clave para promover el aprendizaje. El siguiente párrafo, de nuestra autoría, podría servir como una introducción motivadora para resaltar la inquietud humana por comprender y explicar fenómenos. En concreto, se llama la atención sobre la curiosidad por conocer de qué depende que un cuerpo flote o se hunda, así como las posibles aplicaciones, derivadas de este conocimiento:

El hombre siempre ha sentido la necesidad de explorar, entender y controlar el medio que le rodea. A lo largo de la historia de la humanidad, el transporte de individuos u objetos a través de las amplias extensiones de agua de nuestro planeta, supuso un desafío importante que implicó aprovechar la capacidad de flotación de los cuerpos. De ahí que, comprender por qué las cosas flotaban o se hundían, supusiese un gran reto, y dominar los principios de la flotabilidad, una gran aportación a la capacidad de la humanidad para navegar, comerciar o incluso sobrevivir

En esta secuencia didáctica se va a tratar de averiguar los factores de los cuales depende que un cuerpo flote o se hunda, emulando, de alguna manera, la forma de



trabajar de los científicos, esto es, argumentando y buscando explicaciones que justifiquen los fenómenos observados.

Formulación del problema y emisión de hipótesis

Una vez introducida la secuencia didáctica y explicitado qué se pretende conseguir a través de ella se plantean las siguientes cuestiones: a.) ¿La plastilina flota o se hunde? b.) ¿Es siempre así? c.) ¿De qué depende que un trozo de plastilina flote o se hunda?

A continuación se pide al alumnado que responda las anteriores preguntas formulando hipótesis al respecto.

Diseño de experimentos

El siguiente paso de la secuencia didáctica consiste en solicitar a los estudiantes que en pequeños grupos (2-3 personas) diseñen experimentos que les permitan obtener información sobre las preguntas anteriormente formuladas, así como valorar la validez de sus hipótesis iniciales.

Es recomendable dejar margen para que los estudiantes se expresen libremente, discutan sus ideas y decidan qué experimentos quieren llevar a cabo, aún cuando estos procesos impliquen errores.

Si el profesor percibe que las preguntas iniciales no permiten concretar bien el problema de estudio se puede orientar más a los alumnos planteándoles la siguiente pregunta: *¿Es posible conseguir que la plastilina flote en agua?*

Además, en algún momento sería interesante ayudarles a reflexionar sobre la importancia de controlar variables. Por ejemplo, si se cambia al mismo tiempo la masa y la forma de la plastilina, no podrá saber si el resultado observado se debe a la variación de una u otra variable. Para facilitar la sistematización y el control de variables se puede pedir a los alumnos que rellenen la tabla 1, para cada uno de los experimentos llevados a cabo:



Tabla 1 – Descripción de los experimentos realizados. Importancia del control de variables.

EXPERIMENTO (añadir tantas filas como experimentos realizados)	CONDICIONES* Aplicar control de variables	RESULTADOS ¿Flota la plastilina?
Experimento 1		
Experimento 2		
Experimento 3		

* Describir las condiciones en las que se ha llevado el experimento (forma de la plastilina, masa de plastilina empleada, líquido en el que se introduce la plastilina (agua, agua con sal, agua con azúcar...). Se recomienda no modificar más de una variable al mismo tiempo.

Elaboración de un informe científico

Tras la realización de los experimentos se anima a los estudiantes a que discutan los resultados observados y se les pide que redacten un informe, en forma de artículo científico, que incluya los siguientes apartados: título del trabajo, autores, introducción formulación del problema o pregunta que justifica el trabajo, hipótesis iniciales), metodología (descripción del diseño experimental), resultados y conclusiones (basadas en las evidencias recabadas).

Presentación del informe científico y discusión de los trabajos realizados

Cada grupo de estudiantes (2-3 personas) expondrá al resto de la clase el informe elaborado tras la realización de los experimentos y se abrirá un debate para discutir conjuntamente los distintos trabajos.

Tal y como se mencionó al principio de este trabajo, es importante generar una atmósfera de confianza, donde se planteen y discutan todas las ideas e hipótesis, pero que NO se valoren a priori las respuestas como correctas o incorrectas. Por el contrario, se ha de promover un clima de debate y análisis en el que la valoración de una afirmación o explicación se argumente, únicamente, atendiendo a su coherencia con las observaciones realizadas en los experimentos.

Construcción de modelos explicativos

El docente puede utilizar la exposición de trabajos y la discusión conjunta de resultados para animar a los estudiantes a que traten de proponer explicaciones a los hechos observados.

El debate en gran grupo servirá para contrastar las distintas propuestas explicativas ofrecidas por los estudiantes y valorar su coherencia con los datos disponibles. Se trata, por tanto, de una oportunidad para enfatizar la diferencia entre observación y explicación (inferencia) y para introducir de forma significativa el concepto de modelo científico.

Los modelos científicos, como marcos conceptuales útiles para explicar fenómenos observados, son aceptados por la ciencia siempre que expliquen de forma satisfactoria las evidencias de las que se dispone y permitan hacer predicciones. Un modelo científico siempre es una representación parcial y limitada, de modo que seguirá aplicándose, aunque presente deficiencias, hasta que se disponga de otro mejor (mayor grado de coherencia o mayor poder explicativo).

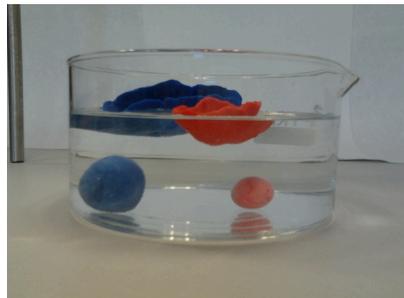


Figura 1 – Flotación de la plastilina

Tras la experimentación, los estudiantes son capaces de llegar a la conclusión que la flotabilidad de la plastilina en agua depende de su forma (figura 1). Una plastilina con forma esférica (u otra forma compactada) se hunde, pero es posible modelar la plastilina en forma de barco de paredes delgadas, que flota al ser depositado cuidadosamente sobre la superficie del agua.

El docente puede partir de esta experiencia para introducir posteriormente el Principio de Arquímedes y con él justificar que un cuerpo se hunda o flote, en un determinado fluido. La unidad didáctica puede por tanto, ayudar también a los estudiantes a apreciar el valor de las leyes de la ciencia (Principio de Arquímedes) para explicar fenómenos conocidos (flotación).



Metodología

La evaluación de la eficacia de la SEA para mejorar algunas creencias de los estudiantes sobre la NdC se ha llevado a cabo siguiendo un diseño experimental pre-test/pos-test con un grupo control.

Los participantes en este estudio fueron estudiantes de tercer curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria de dos grupos clase diferentes. Ambos grupos procedían del mismo centro educativo de Educación Secundaria, situado en la provincia de Jaén (España). El alumnado de este centro pertenece a familias con unas condiciones socio-económicas medias y su nivel académico es coherente con el nivel estándar asociado a esta etapa educativa. La edad media de los dos grupos de estudiantes es de 14 años y una distribución por sexo de 62% chicos y 38 % chicas para el grupo experimental y 49% chicos y 51% chicas para el grupo control. La selección de grupo control y experimental se realizó de forma aleatoria.

La investigación se ha desarrollado en tres fases: cumplimentación de un pre-test por parte del alumnado, intervención docente y aplicación de un pos-test cuatro semanas después de dicha intervención. Ambos grupos de estudiantes han trabajado con la misma profesora el mismo número de horas de clase, con la diferencia de que el grupo experimental trabajó los contenidos a través de la secuencia de enseñanza y aprendizaje "Barcos de Plastilina", descrita anteriormente.

Para evaluar las creencias del alumnado implicado en este estudio hemos empleado algunas preguntas del Cuestionario de opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), desarrollado por Vázquez, Manassero y Acevedo (2006). Este cuestionario es una adaptación al contexto español de las cuestiones del Views on Science-Technology-Society (VOSTS) (Aikenhead y Ryan, 1989) y del Teacher's Belief about Science-Technology-Society (TBASTS) (Rubba y Harkness, 1993). En este estudio en concreto se han seleccionado y analizado seis ítems relacionados con el subtema de aproximación a las investigaciones (tabla 2).

El diseño experimental del cuestionario y el formato de opción múltiple de las respuestas donde los entrevistados han de valorar cada una de ellas con una escala del 1-9, permite al investigador obtener un perfil rico y complejo, donde se recoge el punto de vista sobre diversos aspectos relacionados con la NdC. Entre las múltiples respuestas asociadas a cada ítem se incluyen afirmaciones ingenuas, plausibles y adecuadas. Todas y cada una de las valoraciones que el individuo hace de las



distintas respuestas asociadas a un ítem son transformadas en índices actitudinales normalizados en el intervalo $[-1,+1]$. Los índices actitudinales se definen como indicadores cuantitativos de la adecuación e las creencias de los encuestados en relación a ese ítem. Cuanto más positivo y cercano al valor máximo (+1), más adecuada e informada se considera la creencia; y cuanto más negativo y cercano a la unidad negativa (-1), la creencia es más ingenua o desinformada (Acevedo et al., 2007 citado en Arranz, Vallés y Vázquez, 2014).

Tabla 2 – Ítems analizados en el grupo control y en el grupo experimental en pre-test y pos-test

10111	Definir qué es la ciencia es difícil porque ésta es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:
90611	Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico.
90621	Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.
90631	Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente, hasta que se hace el descubrimiento.
90641	Los científicos publican los resultados de su trabajo en revistas científicas. Cuando escriben un artículo para una revista organizan su informe de una manera muy ordenada y lógica. Sin embargo, los científicos hacen su trabajo realmente de una manera mucho menos ordenada y lógica.
90651	Los científicos NO deberían cometer errores en su trabajo porque los errores retrasan el avance de la ciencia

Resultados y Discusión

En primer lugar vamos a comentar algunos aspectos relevantes asociados al diseño y aplicación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, para posteriormente discutir los resultados derivados de su evaluación siguiendo la metodología pre-test/pos-test descrita anteriormente.

La SEA “Barcos de plastilina” propone a los estudiantes abordar la comprensión de un fenómeno, la flotabilidad de los cuerpos, aplicando procedimientos similares a los utilizados frecuentemente por la ciencia para desarrollar conocimiento: formulación de preguntas, emisión de hipótesis, experimentación, contraste de hipótesis, extracción de conclusiones. No obstante, es conveniente hacerles ver que cuando los



científicos investigan no trabajan siempre aplicando una secuencia rígida de procedimientos. La actividad científica tiene como principal objetivo buscar explicaciones coherentes con los fenómenos observados y en muchas ocasiones, proponer dichas explicaciones requiere de grandes dosis de creatividad e imaginación.

Al involucrar a los estudiantes en el diseño de experimentos para contrastar sus hipótesis iniciales, se les ofrece la oportunidad de tomar conciencia de la necesidad de establecer un control de variables en la experimentación.

El plantear una propuesta didáctica en la que se solicita la elaboración de un “informe científico” permite también introducir el concepto de artículo científico y enfatizar la importancia que para la ciencia tiene la comunicación de resultados de investigación. En este sentido, el docente puede resaltar el papel crítico de los artículos científicos como vehículo de presentación de resultados de investigación al resto de la comunidad científica. Así mismo, la revisión de los artículos a publicar por parte de científicos especializados en el tema de investigación permite la validación de resultados por parte de la comunidad científica.

El principal objetivo de la SEA “Barcos de plastilina” es aproximar a los estudiantes al modo en que los científicos investigan, poniendo de manifiesto el papel que, en la validación del conocimiento científico, juegan la experimentación y la construcción de modelos conceptuales para explicar las evidencias disponibles y predecir hechos. Aunque los estudiantes aprenden conocimientos sobre flotación y destrezas de procesos científicos (observar, experimentar, emitir hipótesis, etc.), es importante puntualizar que el objetivo central de esta SEA va dirigido al aprendizaje de un meta-conocimiento como es la NdC, en este caso referida a la comprensión de las investigaciones científicas. El contexto de indagación de esta SEA es el marco donde los estudiantes tienen ocasión explícita de formular hipótesis, argumentar, discutir, construir modelos, aceptar y rechazar explicaciones para comprender el “sentido epistemológico” de los procesos. Estos procesos de reflexión sobre las destrezas practicadas en las actividades son cruciales para cumplimentar las dos condiciones para comprender NdC de manera eficaz propuestas por la investigación, a saber, presentar los contenidos de NdC de una manera explícita y reflexiva (Acevedo, 2008; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011).

Como complemento de esta propuesta central para enseñar eficazmente NdC debe subrayarse otra idea ingenua muy extendida, acerca de que la práctica de procesos científicos es una condición suficiente para aprender NdC, es decir, que la



implicación en actividades de investigación de modo similar a los científicos, sería una condición suficiente para comprender NdC. Procesos y NdC son conocimientos con distinto estatus ontológico y, en consecuencia, también sus aprendizajes, de modo que ambos deben ser enseñados explícitamente. En particular, la práctica de procesos no implica de forma automática el aprendizaje de NdC, aunque probablemente, podría favorecerlo pues ambos están muy relacionados. Sin embargo, los contenidos de NdC deben enseñarse con atención independiente y explícita, sin esperar que la práctica de destrezas produzca implícita o automáticamente el aprendizaje de NdC (Lederman, 2006).

Obviamente, la SEA propuesta permite también al alumnado aprender conceptos y procedimientos al indagar sobre por qué los cuerpos flotan o se hunden. Ofrece un contexto motivador para la posterior introducción de uno de los principios básicos de la física clásica, el Principio de Arquímedes. Paralelamente, las actividades de diseñar experimentos, emitir hipótesis, observar, etc. producen aprendizajes de estos procedimientos. Sin embargo, lo importante es que una vez que el alumnado ha emitido hipótesis sobre la capacidad de flotación de un cuerpo y ha diseñado experimentos para poner a prueba sus ideas iniciales, se encuentra en una disposición óptima para evaluar un modelo que explique los resultados observados y permita hacer predicciones. Estas situaciones de aprendizaje por investigación aportan contextos propicios para la reflexión, discusión, comprensión, justificación y aplicación de las ideas científicas, favoreciendo no sólo un aprendizaje significativo y transferible, sino también el desarrollo de competencias, uniendo el conocimiento de procesos y el sentido de esos procesos para la validación del conocimiento. Al mismo tiempo, acercan a los estudiantes a las metodologías científicas, lo que les permite apreciar cómo se desarrolla conocimiento científico y valorar la ciencia como una forma avanzada de conocimiento, promoviendo una imagen adecuada acerca de la ciencia, que es otra forma de expresar la comprensión de NdC (Bennássar et al., 2010).

A continuación vamos a discutir los resultados de la evaluación de la SEA siguiendo una metodología pre-test/pos-test con grupo control.

El análisis global de los índices actitudinales normalizados obtenidos en el pre-test y pos-test (tabla 3) nos permitiría analizar si se ha producido algún cambio en las creencias y actitudes de los alumnos después de implementar la secuencia de enseñanza y aprendizaje “Barcos de Plastilina”



Si comparamos la situación de partida (pre-test) del grupo control con el grupo experimental observamos que el primero presenta valores más elevados en todos los ítems excepto para el ítem 90621 (figura 2, tabla 3): “Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico”. A partir de este dato podemos concluir que el grupo control parte de una situación ligeramente más informada que el grupo experimental respecto a todas las cuestiones excepto para el ítem 90621. No obstante, ambos grupos arrojan valores próximos a la neutralidad (próximo al valor 0) para esta cuestión, lo que indicaría un equilibrio entre creencias adecuadas e inadecuadas en la situación de partida.

Tabla 3 – Índice actitudinales pre-test y pos-test para cada cuestión.

	10111	90611	90621	90631	90641	90651
Con-pre-test	0.20	-0.08	-0.11	0.13	0.04	0.08
Con-pos-test	0.17	-0.14	0.06	0.11	-0.08	0.14
Exp-pre-test	0.12	-0.16	-0.03	0.05	-0.12	-0.01
Exp-pos-test	0.13	-0.18	-0.02	0.05	-0.05	0.05

Un hecho a destacar es que tras el desarrollo de la SEA en el grupo experimental este ítem (90621) no se ve afectado, manteniendo prácticamente su valor. Curiosamente el grupo control en el pos-test mejora cambiando de signo, lo que indicaría una mayor proporción de individuos con una creencia más adecuada. No tenemos una explicación, ya que desconocemos explícitamente qué y cómo se ha trabajado con este grupo en clase. En este sentido sería interesante analizar ese “factor de cambio”.

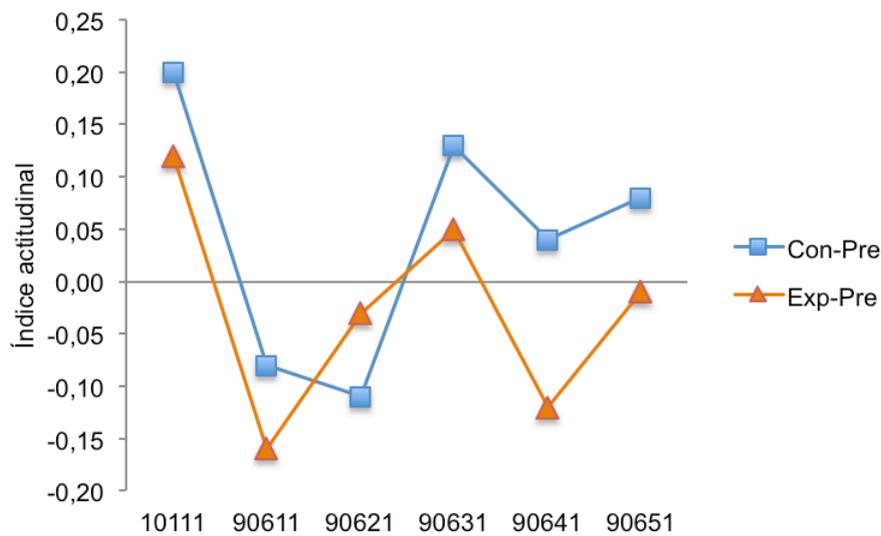


Figura 2 – Índice actitudinal pre-test por cuestión en grupo control (Con-Pre) y experimental (Exp-Pre)

Al analizar las actitudes del alumnado tras la intervención docente, en el grupo experimental se observa que tras implementar la SEA no se produce cambio relevante alguno para los ítems 10111, 90611, 90621, 90631 (figura 3)

Sin embargo, los ítems 90641 y 90651 presentan un mejor cambio positivo en la actitud después de la aplicación de la SEA en el grupo experimental. Vamos a comentar brevemente los resultados observados para cada uno de los ítems mencionados.

En la cuestión 90641 relacionada con la forma en la que los científicos organizan y comunican sus resultados de investigación encontramos un comportamiento diferente entre el grupo control y el grupo experimental (tabla 3). Mientras que en el grupo control la variación en el índice actitudinal es de -0,12 en el grupo experimental es de +0,07, indicando que en el grupo control existe un refuerzo de visiones inapropiadas (empeoramiento), mientras que en el grupo experimental la evolución es hacia visiones mejores (menos ingenuas o más plausibles), aunque aún, próximas al valor neutral cero.

Si nos detenemos en el análisis del valor medio en la escala directa 1-9 de cada una de las frases dentro de este ítem observamos que el mayor cambio se produce en la frase “porque los científicos trabajan de una manera lógica, para que sea más fácil



escribir su informe o publicación de una manera lógica” (en la categoría ingenua) obteniendo un valor de 6.4 para el pre-test frente al 6.1 del post-test. Este dato implica una evolución de mejora hacia una actitud más positiva en esta frase concreta, que produce la mejora general observada para el ítem.

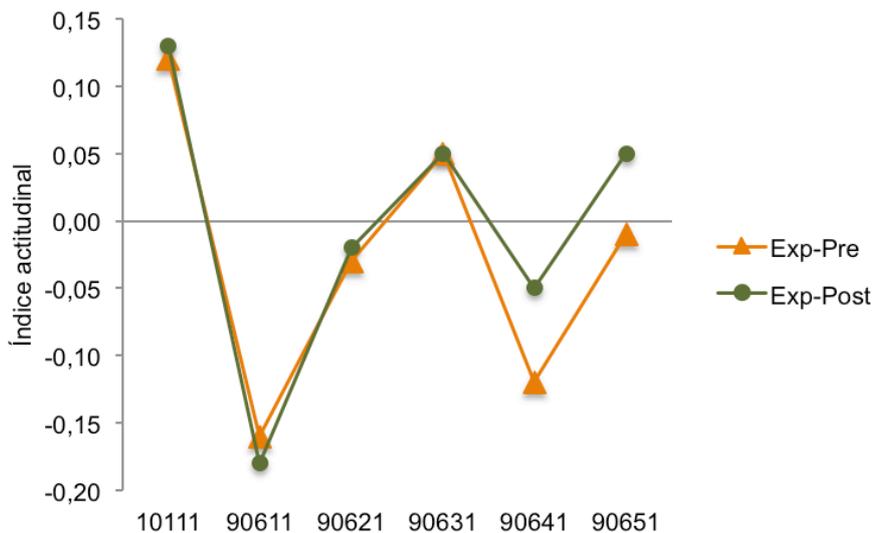


Figura 3 – Índice actitudinal pre-test por cuestión en grupo control (Con-Pre) y experimental (Exp-Pre)

La otra mejora más notable del grupo experimental ocurre en el ítem 90651, en donde se pasa de un valor del índice global medio de -0,01 a un valor de 0,05. Lo más destacable en esta mejoría es que se produce una variación de signo del índice actitudinal, lo que indicaría que se evoluciona de una visión ingenua hacia una visión más informada.

Si analizamos con detenimiento la valoración media que el alumnado ha hecho de cada una de las respuestas asociadas al ítem 90651 en la escala directa 1- 9, se observa que dos de las frases incluidas dentro de la categoría “ingenua” presentan puntuaciones directas más bajas en el pos-test que en el pre-test, pues sus puntuaciones medias varían de 6 y 6,5 en el pre-test a 5,5 y 5,7 respectivamente en el pos-test. Este cambio revela una mejora hacia visiones más coherentes con las actualmente aceptadas por los expertos. Dichas afirmaciones son “Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza” y “Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las

nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la ciencia avanzará más de prisa“.

Las puntuaciones de la evaluación inicial (pre-test) mostraron (tabla 2) que el grupo control partía en una situación de ventaja respecto al grupo experimental (mejores puntuaciones iniciales). Otro criterio para evaluar la eficacia de la enseñanza impartida a través de la secuencia didáctica para mejorar las concepciones de NdC del grupo experimental pasa por controlar la ventaja inicial de partida del grupo control; para ello, se toma como referencia el perfil base de partida de ambos y el parámetro del análisis es el cambio experimentado por ambos grupos (diferencias post-pre). Por tanto, se realiza la comparación de las mejoras diferenciales (evaluación post-test respecto al pre- test) entre el grupo control y el grupo experimental.

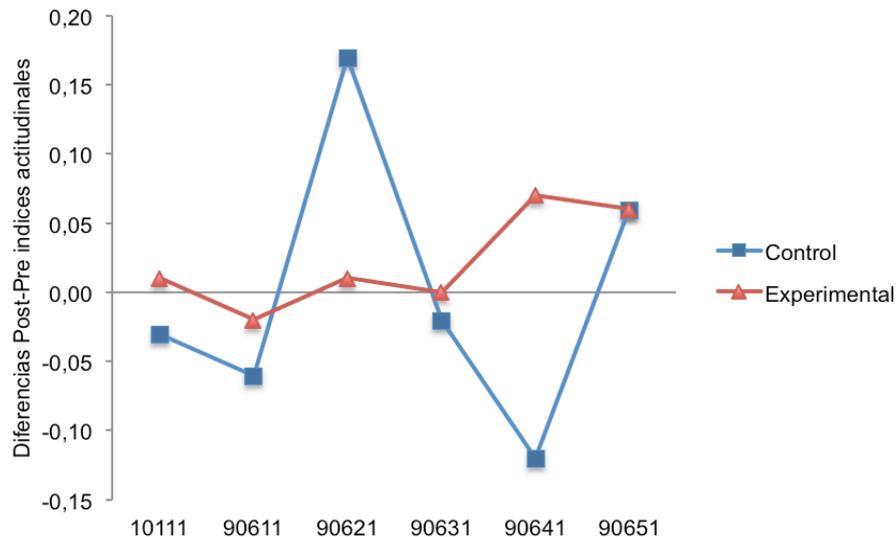


Figura 4 – Diferencias de los índices medios (post-test menos pre-test) para las seis cuestiones evaluadas en el grupo experimental y grupo control.

La figura 4 representa estas diferencias (post-test menos pre-test) en los índices medios de las seis cuestiones evaluadas para el grupo experimental y el grupo control. Se observa que la línea del grupo experimental está por encima de la línea del grupo control en casi todas las cuestiones (la única excepción es la cuestión 90621, ya comentada anteriormente, donde el grupo control presenta una mejora inusual). Por tanto, las diferencias (mejoras) representadas en la figura 4 muestran que son mejores en el grupo experimental respecto al grupo control en casi todas las cuestiones, lo cual



permite concluir que el grupo experimental tiende a mejorar más que el grupo control (excepto en la cuestión 90621). Cuantitativamente, las diferencias de mejora del grupo experimental respecto al grupo control son modestas; las más importantes se observan en tres cuestiones (10111, 90611 y 90641), correspondiendo la mejora más notable del grupo experimental respecto al grupo control a la última cuestión (90641).

En suma, aunque la magnitud de las diferencias de mejora del grupo experimental respecto al grupo control es modesta, su mejora es mayor que el grupo control en cinco cuestiones. La intervención docente produce en el grupo experimental una mejora mayor que en el grupo control; aunque resulta modesta, es sostenida y observable en casi todas las cuestiones.

Consideraciones Finales

El presente trabajo describe y fundamenta el diseño de una SEA para aproximar a los estudiantes a las investigaciones científicas y a la manera en la que la ciencia construye conocimiento. De esta forma, se da respuesta a las demandas repetidamente formuladas en la literatura especializada, sobre la necesidad de desarrollar materiales e intervenciones educativas, que permitan trabajar de forma explícita y reflexiva aspectos clave sobre la NdC.

La segunda parte del trabajo pretende evaluar el efecto que la aplicación de la SEA tiene sobre determinadas creencias acerca de la NdC. Para ello se aplica un diseño de investigación pre-test/pos-test con grupo control y se utilizan seis ítems del COCTS, como principal instrumento de evaluación.

De las cuestiones evaluadas sobre NdC hemos observado cambios positivos en los aspectos relacionados con la forma en la que los científicos organizan, elaboran sus informes y comunican sus resultados (90641), así como en el papel del “error” en la generación y avance del conocimiento científico (90651). Sin embargo, esta variación puede considerarse cuantitativamente pequeña, lo que apoya una vez más los hallazgos de la literatura especializada que indican la resistencia al cambio de las creencias y actitudes del alumnado en relación a aspectos de NdC.

Además en el caso del ítem 90641 (los científicos publican los resultados de su trabajo en revistas científicas), tras la intervención docente, el índice actitudinal medio sigue siendo negativo y próximo a cero tanto para el grupo control como para el experimental (valores cercanos a la neutralidad indican la coexistencia de creencias



ingenuas y adecuadas en los sujetos). Sin embargo, hay que hacer notar que para esta cuestión, tras la intervención docente, el grupo control parece reforzar las creencias ingenuas (cambio negativo), mientras que el grupo experimental evoluciona hacia creencias más plausibles o adecuadas.

Tras la aplicación de la SEA, el grupo experimental mejora (modestamente) en cuatro cuestiones y en otra más mejora significativamente; el grupo control obtiene índices actitudinales globales mejorados para dos de las seis cuestiones. Globalmente, el grupo experimental logra mejoras mayores que el grupo control en cinco de las cuestiones. La tendencia global del grupo experimental es mejorar más que el grupo control en casi todas las cuestiones (con la sola excepción de la cuestión 90621). Así pues, la intervención docente produce en el grupo experimental una mejora respecto al grupo control, que cuantitativamente es modesta, pero cualitativamente es muy clara, pues es apreciable en casi todas las cuestiones.

Todo ello pone de manifiesto la complejidad de los aspectos que configuran la NdC y sus intrincadas relaciones, así como el desafío que supone el cambio de creencias y actitudes en los individuos (Acevedo, 2009b; García-Carmona et al., 2011). Los resultados obtenidos muestran que la mera aplicación de las SEA explícitamente diseñadas para trabajar aspectos clave sobre la NdC no asegura la eficacia de la enseñanza de la NdC (Millar, 2006). El impacto de la SEA “Barcos de plastilina” sobre las creencias del alumnado probablemente se puede reforzar más insistiendo en el análisis más detallado de las ideas previas de partida y enfatizando aún más los procesos de debate y reflexión explícita sobre aspectos clave de la NdC a lo largo de la enseñanza (Arranz et al., 2014; Bennássar et al., 2010).

Aun cuando la SEA pueda ser considerada novedosa o innovadora, una limitación de la intervención docente realizada es que se trata solo de una intervención muy puntual y concreta, para favorecer su inserción y aplicación en el currículo escolar. También hay que tener en cuenta que la evaluación global presentada, basada en el promedio de los grupos, es un criterio bastante exigente (pues los promedios tienden a disminuir la variabilidad y ocultar las diferencias de mejora); el análisis individualizado podría complementar el anterior, mostrando los estudiantes que han evolucionado de una visión más ingenua a otra más informada.

Podemos concluir finalmente que la evaluación de la eficacia de la SEA muestra la dificultad de los procesos de cambio de creencias y actitudes sobre la NdCyT y sugiere la necesidad de profundizar en su comprensión para mejorar su enseñanza y



aprendizaje. La inclusión de otros aspectos de investigación de corte cualitativo o de Design-Based Research que orienten el diseño de intervenciones más efectivas, podrían ser aproximaciones interesantes para futuros trabajos (Lederman, 2006).

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

- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.
- Acevedo, J.A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46.
- Acevedo, J.A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 164-189.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007a). 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. (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. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- 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.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A. y García-Carmona, A. (Coord.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Consultado 22/2/2012 en www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 403-412.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. En L. B. Flick and N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 301-317). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.
- 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.
- McComas, W. F. y Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science*



- in science education: rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Rubba, P. A. y Harkness, 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.
- 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 el 23/03/2011 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 4(2), 1-30,
- 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, 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., García-Carmona, A. y Manassero, M. A. (2010). Nature of Science in Science Education: Some Contributions of Current Research with Students. En L. Gómez, D. Belenguer, I. Candel (Eds.) *International Technology, Education and Development Conference*. Valencia: IATED
- Vázquez-Alonso, Á.; Manassero-Mas, 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.