

Implementación en el aula de una secuencia de enseñanza-aprendizaje para trabajar los conceptos epistemológicos: hipótesis-teoría-ley

Arranz, M.; Vallés, C.¹ y Vázquez-Alonso, A.²

¹Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática. Universidad de Valladolid (UVA). ²Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares.
arranzfern@hotmail.com; cvalles@dce.uva.es; angel.vazquez@uib.es

[Recibido en junio de 2013, aceptado en diciembre de 2013]

En el presente trabajo, se analizan los resultados obtenidos de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA), "Investigando Dragones", sobre conceptos epistemológicos (hipótesis-ley-teoría) en un grupo de estudiantes de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). La evaluación de los resultados se ha realizado a través del análisis de las respuestas dadas a algunas preguntas del Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) referidas a esos conceptos, las anotaciones del diario del profesorado y las entrevistas semiestructuradas realizadas a algunos estudiantes tras la finalización de la actividad. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la existencia de ideas inadecuadas sobre los conceptos tratados y su persistencia en algunos casos, pese a su enseñanza explícita y reflexiva.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia (NdCyT); hipótesis-teoría-ley; Enseñanza Secundaria Obligatoria; secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA).

Implementation in the classroom of a teaching-learning sequence about the concepts of hypothesis-law-theory

This paper analyzes the results obtained from the implementation of a teaching-learning sequence (SEA), "Investigating Dragons" about some epistemological concepts (hypothesis-law-theory) in a group of students of Secondary Education (ESO). The results were made through the analysis of students' answers to some questions of the Questionnaire of Opinions of Science, Technology and Society (COCTS) that refer to those concepts, teacher's diary and semi-structured interviews to some students after the completion of the activity. The results obtained show inadequate ideas about the taught concepts and their persistence in some cases, despite the explicit and reflective teaching thereof.

Keywords: Nature of Science; hypothesis-law-theory; secondary education; teaching and learning sequence (SEA).

Introducción

Durante muchos años, la enseñanza de las ciencias ha tenido un marcado carácter propedéutico centrado en la adquisición de conocimientos (hechos y principios) científicos (Acevedo, 2004; Furió *et al.*, 2001; Vázquez *et al.*, 2005). Sin embargo, en las últimas décadas, diversos factores (la generalización de la educación científica, la ubicuidad e impacto de la ciencia y tecnología en la economía, política, salud, medio ambiente, etc.) han redirigido el enfoque de la enseñanza de las ciencias hacia una alfabetización científica y tecnológica para todos los ciudadanos, mucho más comprometida con la sociedad, con el fin de garantizar una mejor comprensión para promover la participación en la toma decisiones, personales y sociales, concernientes a la ciencia y la tecnología contemporáneas (Acevedo *et al.*, 2005; Prieto *et al.*, 2012).

En la enseñanza de las ciencias, la alfabetización científica se concibe orientada a través de dos componentes básicos: los conocimientos "de" ciencia (los conceptos y procesos que forman el cuerpo de leyes y teorías científicas) y los conocimientos "sobre" la ciencia y tecnología (Vázquez y Manassero, 2012). Este segundo componente, denominado Naturaleza de la

Ciencia y Tecnología (NdCyT), trata de hacer comprender la ciencia como forma de conocimiento, es decir, los métodos que emplea para desarrollarlo y validarla, su carácter provisional en el tiempo, los valores implicados en las actividades tecno-científicas, las características de la comunidad científica, etc.

Enseñar “sobre ciencia” y no sólo “de ciencia” constituye un gran reto y es el planteado en esta investigación al implementar una propuesta didáctica que aborda aspectos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia.

La naturaleza de la ciencia en el currículo

El interés por una enseñanza adecuada sobre la NdCyT ha centrado las investigaciones en didáctica de las ciencias en el desarrollo de un currículo apropiado que facilite su aprendizaje, y en la aplicación de diferentes metodologías de enseñanza en el aula.

En los últimos años, las administraciones educativas de numerosos países han reformado sus planes de estudio, incorporando la NdCyT como uno de sus contenidos oficiales. En el caso de España, la LOE aprobada en el año 2006 (MEC, 2007), estableció un nuevo currículo en el que mostraba su interés por la necesidad de una educación científica para todos y con la inclusión asistemática de algunos contenidos de NdCyT, aunque con escasas referencias a su tratamiento explícito y reflexivo (Vázquez y Manassero, 2012). De este modo, la enseñanza de contenidos sobre la NdCyT en el aula queda a disposición de las buenas intenciones del profesorado y origina una escasa incidencia en la realidad educativa (Banet, 2007).

La complejidad dialéctica y la diversidad multidisciplinar que trata la NdCyT (filosofía, historia y sociología de la ciencia y la tecnología) hace difícil el diseño y desarrollo de un currículo apropiado para su enseñanza (Vázquez y Manassero, 2012). En este sentido, la línea de investigación basada en los consensos alcanzados sobre NdCyT por diversos expertos podría definir la base de los contenidos a tratar. Algunos de estos consensos destacan que el conocimiento científico es (i) provisional, (ii) empírico, (iii) subjetivo (cargado de teoría), (iv) resulta de la inferencia o deducción, aunque también de la imaginación y creatividad de los científicos, (v) requiere de una combinación de observación-inferencia, (vi) está sometido a normas académicas de la comunidad científica que lo regula (sociología interna de la ciencia) y (vii) está influenciado por la sociedad y la cultura del momento (sociología externa de la ciencia). Además hay que tener en cuenta las diferentes funciones epistemológicas de hipótesis, leyes y teorías científicas y el mito del método científico como un mero instrumento singular y universal (Acevedo *et al.*, 2007).

Por otra parte, los expertos también han establecido consensos sobre aquellos aspectos que no pueden ser considerados como rasgos propios y característicos de la ciencia. Algunas de estas creencias inadecuadas sobre el tema de este artículo son las siguientes: (i) Las hipótesis se convierten en teorías, las cuales a su vez llegan a ser leyes, (ii) las leyes científicas y otras ideas similares son absolutas, (iii) una hipótesis es una conjectura educada, (iv) existe un método científico general y universal, (v) las pruebas cuidadosamente acumuladas producirán un conocimiento cierto, (vi) la ciencia y sus métodos ofrecen pruebas absolutas, (vii) la ciencia es más procesal que creativa, (viii) los científicos son especialmente objetivos (Acevedo *et al.*, 2007).

Respecto a la metodología más efectiva para conseguir la mejor comprensión de la NdCyT por los estudiantes, numerosas investigaciones se decantan por una enseñanza explícita-reflexiva de NdCyT (Deng *et al.*, 2011; Hodson, 2008; Lederman, 2007; Vázquez *et al.*, 2012a). Esta metodología implica una planificación minuciosa de los contenidos a tratar sobre la NdCyT (explícita) y la creación de oportunidades que inviten a los estudiantes a la reflexión a través de

preguntas, diálogos, debates, argumentación, etc.. Así, los estudiantes podrán comprender el entorno en el que se desarrolla la ciencia y, las estrategias empleadas para construir y transmitir el conocimiento científico-tecnológico (Acevedo, 2009).

Cómo integrar la NdCyT en el aula

Para un aprendizaje adecuado de los contenidos sobre NdCyT es fundamental el papel que desempeña el profesorado. El problema es que también el profesorado a menudo muestra ideas inadecuadas sobre NdCyT, inclinadas hacia el positivismo lógico y el inductivismo, debido a su escasa formación en estos temas. Por este motivo muchas investigaciones proponen y ensayan iniciativas de formación del profesorado que les permitan adquirir unos conocimientos apropiados sobre la NdCyT y su aplicación posterior en el aula (García-Carmona *et al.* 2011).

El proyecto Enseñanza y Aprendizaje de la Ciencia y Tecnología (EANCYT) afronta el reto educativo de enseñar con calidad la NdCyT, mediante el diseño y la implementación de secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEAs) y su evaluación (Vázquez *et al.*, 2012a y Vázquez *et al.*, 2012b). Las SEAs consisten en la articulación de todos los elementos del currículo (objetivos, contenidos, evaluación) que se concretan un conjunto de actividades de enseñanza-aprendizaje basadas en las ideas constructivistas del aprendizaje de Eisenkraft, quien propuso secuenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje en siete fases, denominado “ciclo de aprendizaje 7E”: emerger, envolver, explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar (Eisenkraft, 2003).

Este trabajo implementa la SEA “*Investigando dragones*”, que plantea el aprendizaje desde un enfoque constructivista, pues los estudiantes tratan de investigar la capacidad reproductiva de los dragones, formulan hipótesis, analizan datos y extraen conclusiones. El objetivo de esta investigación es evaluar si la implementación de actividades didácticas de reflexión dirigida favorece la comprensión de los conceptos epistemológicos y de sociología interna de la NdCyT.

Metodología

Esta investigación ha combinado una metodología cuantitativa mediante la utilización de cuestionarios cerrados (pre-test y pos-test) y una metodología cualitativa, basada en un registro de observación realizado por el profesorado durante el desarrollo e implementación de la SEA y entrevistas personales.

Muestra y fases de la investigación

Los participantes de este estudio fueron 40 estudiantes de tercero de Enseñanza Secundaria Obligatoria (14 chicos y 26 chicas de 14-15 años de edad), de tres grupos diferentes de un instituto de educación secundaria en España.

La realización de la investigación consta de cuatro fases: cumplimentación de un pre-test por parte de los estudiantes, aplicación y desarrollo en el aula de la SEA “*Investigando Dragones*”, entrevistas personales y cumplimentación de un pos-test.

Instrumentos y procedimientos

Para detectar las ideas previas que tienen los estudiantes de ESO sobre la NdCyT y comprobar su evolución, se han empleado algunas cuestiones del instrumento de evaluación el Cuestionario de Opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS) realizado 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).

El presente estudio aplica y analiza concretamente seis ítems del COCTS relacionados con los aspectos concretos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia (tabla 1) planteados en la SEA: 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 (70211) y la influencia de individuos en la toma de decisiones (70611) ([Anexo I](#)).

Tabla 1. Texto del pie de los Ítems aplicados y analizados en el pre-test y el pos-test de la investigación.

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.
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.
90111 - Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.
90411 - Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.
90511 - Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes.
90541 - Las buenas teorías científicas explican bien las observaciones. Pero las buenas teorías son más bien simples que complicadas.

El método de respuesta aplicado a las preguntas se ajusta a un modelo de respuesta múltiple, donde el alumnado debe valorar su grado de acuerdo personal, expresado en una escala de 1 a 9, con cada una de las frases contenidas en los ítems. Junto a estas opciones, existen otras dos: no entiendo y no sé lo suficiente para valorar una frase (Acevedo *et al.*, 2007).

Las valoraciones directas de cada frase se transforman después en índices actitudinales. Estos índices normalizados son los indicadores cuantitativos de las creencias y actitudes de los encuestados, pues miden el grado de sintonía de la creencia del estudiante, expresada en su puntuación directa, con la comunidad de expertos en NdCyT. 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).

Para conocer las impresiones e inquietudes de los estudiantes durante la aplicación de la SEA, se ha realizado un registro de observación en el que el profesorado recoge en un diario los comentarios realizados por el alumnado, tanto en las tareas grupales como en la discusión final, ya que aportan un valioso elemento de juicio respecto a la implementación de esta experiencia didáctica.

Además del registro de observación llevado a cabo, se escogieron tres estudiantes (con un rendimiento bueno, medio y malo) para realizar una entrevista semi-estructurada, que permitió conocer en mayor profundidad la opinión del alumnado acerca de las actividades realizadas ([Anexo II](#)).

Para enseñar los conceptos expuestos sobre la NdCyT se utilizó la SEA “*Investigando Dragones*” (Romero y Vázquez, 2013) que consta de cuatro fases (Tabla 2).

Tabla 2. Organigrama de la implementación de la SEA *Investigando Dragones*.

Tiempo	Actividades	Metodología/ Organización	Materiales/ Recursos
15 minutos	EMERGER Conocimientos previos	Toda la clase	Verbal Pizarra para ir recogiendo ideas
10 minutos	ENGANCHAR Introducción-motivación Introducir la SEA: Investigando Dragones	Introducción: toda la clase Formulación de hipótesis entre toda la clase	Verbal Pizarra para ir recogiendo ideas
25 minutos	Discutir en pequeños grupos. Análisis y contrastación de las hipótesis iniciales en base a los datos disponibles.	Pequeño grupo (3-4 estudiantes)	Materiales y orientaciones(disponibles en Romero y Vázquez, 2013)
40 minutos	Puesta en común y discusión de las conclusiones obtenidas en pequeño grupo.	Gran grupo (toda la clase)	Pizarra para ir recogiendo ideas

Resultados y discusión

Sobre el diseño de la SEA y sus posibilidades en el aula

El enfoque constructivista, en el que está basado la SEA “*Investigando Dragones*”, hizo que el alumnado estuviera relativamente motivado desde el primer momento y receptivo a las explicaciones dadas por el profesor durante las diferentes sesiones.

Durante la tormenta de ideas, quedó evidenciada la existencia de *creencias ingenuas* en el alumnado. Entre ellas destaca la confusión entre teoría-ley, para cuya distinción aluden en parte a su grado de aceptación por la comunidad científica, su complejidad o su provisionalidad. Algunos comentarios de los estudiantes son los siguientes:

“*Una teoría puede que sea cierta o puede que no, porque puede haber científicos que no se lo crean, en cambio la ley se la cree todo el mundo*” (sujeto 1).

“*La ley es la hermana mayor de la teoría*” (sujeto 2).

“*Si la teoría siempre se cumple se convierte en ley*” (sujeto 3).

Respecto al trabajo en grupo, el alumnado tomó conciencia de la importancia y dificultad de la toma de decisiones por consenso. El hecho de que cada grupo sólo pudiera proponer una teoría, originaba que dentro del grupo tuviera que existir un acuerdo. Esto permitía al alumnado manifestar sus opiniones, debatir sobre las diferentes teorías propuestas y llegar a consensos sobre cuál era la teoría que debía defender el grupo. En algunos casos, incluso se produjeron pequeños enfados entre los compañeros y aludieron a que no sabían trabajar en grupo. Entre algunas opiniones dadas por los estudiantes destacan:

“*Lo que más me ha costado como científico es convencer a otros de mis ideas*” (sujeto 4).

“*No se puede trabajar el grupo con él...*” (sujeto 5)

Esta parte de la actividad, donde unos estudiantes intentan *convencer* de su propuesta al resto de compañeros, permitió comprender la importancia de la comunicación con otros *colegas* en la construcción del conocimiento científico, ya que de su opinión, depende el éxito o el fracaso final del trabajo propio e incluso del grupo. Asimismo, son conscientes de la necesidad de adquirir consensos si quieren impulsar el avance de la ciencia y la tecnología (Campanario, 2000).

Análisis de las opiniones del alumnado sobre las actividades realizadas

Entre las opiniones expuestas por los estudiantes en las entrevistas destaca la valoración positiva que hacen ante actividades de carácter constructivista, donde ellos son los protagonistas de su propio aprendizaje. Entre las respuestas proporcionadas están:

“Bastante, porque nos ha hecho pensar y ha sido interesante buscar una ley” (sujeto 6).

“Bastante, porque hemos podido dar nuestra opinión” (sujeto 7).

Además, el hecho de hacer algo distinto y que no siga las pautas propias de una rutina escolar, hace que los estudiantes lo encuentren motivador. Incluso algunos consideraron “*estar perdiendo clase*” aunque realmente estaban aprendiendo.

Respecto a la utilidad de los conceptos tratados algunos estudiantes manifestaron sorpresa ante el carácter ficticio de la situación de investigación planteada:

“No me ha aportado nada” (sujeto 8).

“Sería más interesante un estudio con cosas reales” (sujeto 9).

“Podían poner un animal más normal” (sujeto 10).

Estos comentarios pueden explicarse ya que la situación irreal mostrada y descontextualizada de su entorno cercano contribuye a que no lo consideren de utilidad en un futuro. Los estudiantes muestran en este punto su condicionamiento operante a aprender “de” ciencia después de muchos años de educación tradicional; no son conscientes de la importancia para la vida de aprender destrezas como trabajar en equipo, comunicar, defender y consensuar ideas, etc.

Por otro lado, el alumnado valora positivamente *trabajar en equipo*. Numerosos trabajos argumentan a favor del trabajo en pequeños grupos como forma de incrementar el nivel de participación y la creatividad necesaria para abordar este tipo de situaciones abiertas y no familiares (García-Carmona, 2012).

Resultados obtenidos en el pre-test y pos-test

El análisis global de los índices actitudinales normalizados obtenidos en el pos-test (Tabla 3) nos ha permitido comprobar el grado de efectividad obtenido tras la implementación de la SEA y por tanto, conocer si se ha producido una modificación de las ideas previas de los estudiantes.

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

Ítem	90111	90411	90511	90541	70221	70611
Pre-test	0,05	-0,08	-0,07	0,07	0,07	0,07
Pos-test	0,1	-0,04	-0,07	0,19	-0,01	0,02

Sobre las observaciones científicas (90111)

La observación es un proceso determinante para construcción de la ciencia, por ello se hace fundamental que los estudiantes comprendan que la observación realizada por los científicos será distinta si estos creen en diferentes teorías, es decir, la teoría orienta lo observado (Vázquez y Manassero, 2012).

Al analizar los resultados obtenidos en el índice actitudinal ponderado (Tabla 3) observamos que tras la realización de la SEA se produce un leve aumento de los estudiantes con ideas en consonancia con la comunidad científica (varía de 0,05 a 0,1). No obstante, este valor es próximo a la neutralidad (punto medio de la escala de índices que es el cero) y por tanto, existe un equilibrio entre creencias adecuadas e inadecuadas en el alumnado.

La provisionalidad del conocimiento científico (90411)

Tal y como afirma Acevedo y otros investigadores (2007), la provisionalidad del conocimiento científico proviene de la creación de ese conocimiento mediante la observación empírica y la inferencia, la cual a su vez, se ve influenciada por la cultura, la sociedad de ese momento histórico, el marco conceptual disponible y la subjetividad personal de cada científico.

De la valoración global del índice actitudinal de este ítem (Tabla 3) se observa una leve mejoría (pasa de -0,08 a -0,04) aunque continúa siendo negativo, es decir, el alumnado no modifica significativamente sus ideas y sigue con creencias ligeramente inadecuadas. No obstante, los valores son próximos a la neutralidad aunque en la parte negativa.

Hipótesis, teorías y leyes (90511 y 90541)

Según el estudio realizado por McComas, Clough y Almazroa (1998) existe un acuerdo en la comunidad científica en considerar que las leyes y las teorías desempeñan papeles diferentes en la ciencia y que por tanto, las teorías no se convierten en leyes por acumulación de pruebas (Romero y Vázquez, 2013).

El análisis del ítem que aborda estos aspectos (90511) nos muestra que este no varía tras realizar la SEA (-0,07) (Tabla 3). De este modo, comprender y diferenciar los conceptos de hipótesis, teoría y ley científica, así como valorar sus distintas aportaciones en el desarrollo de conocimiento científico, no ha calado suficiente entre el alumnado y continúa sin entender que son dos formas distintas de conocimiento.

Por otro lado, al analizar los resultados obtenidos del ítem 90541, que trata sobre si las buenas teorías científicas son aquellas que explican bien las observaciones independientemente de su complejidad, observamos que es el ítem mejor comprendido por los estudiantes de todos los tratados, al tener el mayor índice actitudinal de todos ellos, 0,19 (Tabla 3).

Decisiones de los científicos (70221)

Una visión epistemológica positivista de la ciencia considera que el conocimiento científico es neutro, libre de valores y, por supuesto, no influido por ideologías, intereses o razones coyunturales de las personas de ciencia.

El análisis global del índice actitudinal para este ítem (Tabla 3) nos muestra un valor próximo a cero (varía de 0,07 a -0,01), lo que nos indica que existe un equilibrio entre creencias positivas (adecuadas) y negativas (inadecuadas) sobre si las decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico son neutrales.

Influencia de los individuos (70611)

Respecto a si en la ciencia influye el carácter del científico en el desarrollo de una teoría, el análisis global del índice actitudinal para este ítem nos muestra un cambio insignificante en el grupo (varía 0,05) (Tabla 3). No obstante, el valor es próximo al valor nulo (0,02), lo que nos indica que existe un equilibrio entre creencias positivas (adecuadas) y negativas (inadecuadas), al igual que en el caso anterior.

Consideraciones finales y propuestas de mejora

Con la implementación de la Unidad Didáctica “*Investigando Dragones*” se pretende que el alumnado pueda comprender las diferencias entre los conceptos hipótesis-ley-teoría, conocer cómo se realiza una investigación, algunos rasgos del quehacer de los científicos y cómo establecer una explicación científica a los hechos observados.

Por otro lado, tal y como se ha recogido en el diario del profesor y en las entrevistas, los estudiantes valoran positivamente este tipo de actividades de aprendizaje por investigación, en la que ellos son partícipes de la construcción de su propio aprendizaje. Asimismo, valoran positivamente la realización de trabajos en pequeños grupos ya que les permite aportar sus opiniones e intercambiar ideas.

La aplicación del pre-test y pos-test como método de evaluación nos ha permitido comprobar si se ha producido un cambio en aquellas ideas inadecuadas que presenta el alumnado sobre esos conceptos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia. De los contenidos tratados sobre NdCyT, aquellos que experimentan una mejora tras la implementación de la SEA son los ítems relacionados con la complejidad de las teorías (el índice actitudinal varía 0,12) y la influencia de los factores contextuales en el desarrollo de la ciencia (el índice actitudinal varía 0,08). No obstante, la leve variación de los resultados obtenidos nos permite comprender que los estudiantes muestran una gran resistencia al cambio.

El balance global de la evaluación de las medias de todo el grupo muestra que tres cuestiones mejoran, dos cuestiones tienen leves descensos y una cuestión no cambia. Este método de evaluación global por el promedio del grupo es muy exigente, pues al promediar el grupo se diluyen las diferencias que pueden existir en los estudiantes; por ejemplo, si un profesor compara el promedio de calificaciones de un grupo entre la primera y la segunda evaluación comprobará que las diferencias son mínimas. Sin embargo, el análisis de los perfiles individuales de cada estudiante permitiría visualizar mejor los progresos, especialmente en los estudiantes mejores. Además, la introducción de estadísticos más sofisticados (como el tamaño del efecto) permitiría valoraciones más precisas de las mejoras (Vázquez-Alonso *et al.*, 2013).

Además, el análisis de las ideas del alumnado en las frases individuales (imposibles de reflejar aquí por falta de espacio) muestra que son capaces de mantener dos esquemas de conocimientos contrarios y simultáneos, uno con ideas adecuadas y otros con ideas ingenuas, sin que ello entre en conflicto en su pensamiento (Vázquez *et al.*, 2012b).

Para optimizar las actividades para futuras aplicaciones de esta SEA sería conveniente estudiar previamente los resultados obtenidos en el pre-test pues un estudiante no asimilará un nuevo esquema conceptual si no es consciente de sus limitaciones y de la necesidad de modificarlo, de modo que la emergencia de las ideas previas vaya seguida de una reflexión más profunda sobre ellas. Esta mayor dedicación temporal debería extenderse a todas las actividades de la SEA (que globalmente no llegan a dos horas); se requerirían intervenciones más largas que la ensayada en este estudio y más contextualizadas, es decir, que se trabajen contenidos que giren en torno a problemas o situaciones cotidianas. Con estas medidas es posible que los

estudiantes adquieran una imagen más adecuada sobre la NdCyT en relación con los aspectos abordados y se contribuiría de una manera más profunda a alcanzar el objetivo educativo fundamental, la alfabetización científica en su componente de NdCyT (Prieto *et al.*, 2012b).

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3), 355-386.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixao, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 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.
- Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumnado. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 369-380.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C-C, & 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. *Science Teacher*, 70 (6), 56-59.
- Fourez, G. (1997). Scientific and Technological Literacy. *Social Studies of Science*, 27, 903-936.
- Furió, C.; Vilches, A.; Guisasola, J. y V. Romo. (2001). Finalidades de la enseñanza de las Ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 365-376. García-Carmona, A.; Vázquez A.; Manassero, M.A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la ciencia: Una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias* 29 (1), 403-412.
- García-Carmona, A. (2012). ¿Qué he comprendido? ¿Que sigo sin entender?: Promoviendo la autorreflexión en clase de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (2), 231-240.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- 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.

- MEC (2007). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE de 4 de mayo de 2006. Madrid.
- Prieto T., España, E. y Martín C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 9(1), 71-77.
- Romero, M. 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.
- 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.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2).
- 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. y Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 9(1), 2-31.
- Vázquez A., Manassero, M.; Bennassar, A. Moralejo, R. (2012a). *Fundamentos de un proyecto para enseñar contenidos CTS*. En Actas del VIII Seminario Ibérico y III Seminario Iberoamericano CTS en la enseñanza de las Ciencias “Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias”. Consultado el 1/12/2012 en www.oie.es
- Vázquez, Á., García-Carmona, A. Manassero, M.A. & Bennassar, A. (2012b). Spanish Secondary-School Science Teachers' Beliefs About Science-Technology-Society (STS) Issues. *Science & Education*, DOI: 10.1007/s11191-012-9440-1.
- Vázquez-Alonso, Á., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. & Bennassar-Roig, A. (2013). Science Teachers' Thinking About the Nature of Science: A New Methodological Approach to Its Assessment. *Research in Science Education*, 43, 781–808. DOI 10.1007/s11165-012-9291-4

Anexo I

Cuestiones formuladas a los estudiantes consultados para conocer sus ideas previas sobre ciertos aspectos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia.

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.
- B. Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.
- C. Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos crean en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.
- D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.
- E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.

90411 Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.

El conocimiento científico cambia:

- A. porque los científicos más 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".
- B. porque el conocimiento viejo antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.
- 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.
- D. El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.

90511 Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes.

Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a 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.
- 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.
- C. porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.
- 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%.
- 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).

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.
- 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.
- C. Depende de la teoría. Algunas buenas teorías son simples y otras son complicadas.
- D. Las buenas teorías pueden ser complicadas, pero debe ser posible traducirlas a un lenguaje sencillo para usarlas.
- E. Las teorías son normalmente complicadas. Si están implicados muchos detalles algunas cosas no pueden simplificarse.
- F. La mayorías de las buenas teorías son complicadas. Si el mundo fuera más sencillo, las teorías podrían ser más sencillas.

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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

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.*

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.
- 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.

- C. porque el contenido se basa en hechos. Sin embargo, la forma en que un científico interpreta los hechos estará influida por su carácter.
El carácter del científico influirá en el contenido de una teoría:
- 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.
- E. porque diferentes científicos pensarán de manera diferente y tendrán ideas u opiniones un poco diferentes.
- F. porque el contenido de una teoría puede ser influido por lo que un científico quiere creer; los sesgos también influyen.

Anexo II

(Datos a cumplimentar por el profesor antes de entregar al estudiante)

País _____ Ciudad _____

Institución _____

Sobre la Unidad Didáctica desarrollada en clase cuyo título es _____

(clave numérica _____)



Entrevista a estudiantes (opinión de los estudiantes sobre la Unidad Didáctica citada)

¿Ha sido interesante la unidad didáctica para ti? Mucho, Bastante, Poco, Algo (marca uno)

Escribe la razón(es) que justifican porque ha sido (más o menos) interesante para ti...

¿Qué aspectos consideras MÁS relevantes, y por qué razón es MUY relevante cada uno de ellos?

Aspectos MÁS relevantes...	Razón por la cual es MUY relevante...

¿Qué aspectos consideras MENOS relevantes, y por qué razón cada uno ha sido POCO relevante?

Aspectos MENOS relevantes...	Razón por la cual es MÁS relevante...

¿Qué cosa(s) has aprendido en la unidad didáctica?

¿Qué dificultad(es) has encontrado en el aprendizaje de la unidad didáctica?

¿Qué idea(s) u opinión(es) sobre la ciencia y tecnología te ha cambiado la unidad didáctica?

Antes pensaba que...	Ahora pienso que...

Describe brevemente con palabras, figuras o mapas tu modelo actual sobre la ciencia y tecnología.
