

RESULTADOS DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA INNOVADORA PARA LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

C. Vallés, M. Arranz

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática.

Universidad de Valladolid (UVA).

cvalles@dce.uva.es

RESUMEN: Entre los objetivos de la enseñanza de las ciencias destaca la necesidad de promover que los estudiantes adquieran unos conocimientos *sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología* que les permita comprender y valorar sus repercusiones en la sociedad actual.

El presente trabajo analiza la implementación de la propuesta didáctica *Investigando dragones*, basada en la comprensión y diferenciación de conceptos epistemológicos y de la sociología interna de la ciencia mediante la aplicación del Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la existencia de ideas inadecuadas sobre la NdCyT y su persistencia pese a su tratamiento explícito en el aula.

PALABRAS CLAVE: Naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT), Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), Secuencias de enseñanza-aprendizaje innovadoras, Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio trata de analizar los resultados de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje con un enfoque constructivista para la comprensión de contenidos sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT). Concretamente en esta secuencia se abordan ciertos aspectos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia.

MARCO TEÓRICO

Los grandes avances científicos y tecnológicos que se están produciendo en la actualidad, además de facilitarnos nuestra vida cotidiana, están ocasionando importantes cambios en la economía, sociedad, política, cultura, medio ambiente... Es por tanto necesario que los ciudadanos adquieran una cultura científico-tecnológica, o alfabetización científica y tecnológica que les permita adoptar una actitud

reflexiva y crítica en una sociedad sometida a grandes cambios, y así garantizar su participación en la toma de decisiones concernientes a estos temas.

La preocupación por alcanzar una ciencia para todos sugiere que la enseñanza de las ciencias debe constituir uno de los objetivos básicos y prioritarios de la educación, la cual no puede ceñirse al mero conocimiento científico y tecnológico. Los objetivos educativos deberán tener un enfoque más holístico y de auténtica relevancia social, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando la ciencia y la tecnología intervienen en la sociedad (Bennássar et al., 2010)

El interés por la alfabetización científica en la educación ha supuesto un cambio en el currículo académico por parte de las administraciones educativas, que hasta ahora se habían centrado en la adquisición de conocimientos científicos (Acevedo, 2007). En el caso de España, la LOE aprobada en el año 2006, estableció un nuevo currículo en el que mostraba su interés por la necesidad de una educación científica para todos. Sin embargo, pese a la incorporación en el currículo de conocimientos sobre cómo se debe construir y transmitir el conocimiento científico-tecnológico, ha tenido una escasa incidencia en la práctica educativa (Acevedo et al. 2007a; Banet, 2007) y ha puesto de manifiesto la importancia del profesorado, si se pretende que los alumnos tengan una visión clara sobre estas cuestiones consideradas tan fundamentales (Furió et al., 2001; García-Carmona et al., 2011).

En la enseñanza de las ciencias, la alfabetización científica se orienta través de dos componentes básicos: los conceptos y teorías de ciencia y tecnología que forman el cuerpo de leyes y teorías científica y los conocimientos sobre la ciencia y tecnología, (Vázquez y Manassero, 2012). Este segundo componente, denominado naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT), que trata de comprender qué es la ciencia, cuál es su funcionamiento interno y externo, los métodos que emplea para construir, desarrollar, validar y difundir el conocimiento que produce, los valores implicados en las actividades científicas, las características de la comunidad científica,...constituye el reto más innovador y es el utilizado como enfoque en nuestra investigación.

Concretamente, este estudio aborda aspectos específicos de la epistemología como la observación, la provisionalidad del conocimiento, las relaciones entre hipótesis, leyes y teorías así como la subjetividad de los científicos en la toma de decisiones.

METODOLOGÍA

Muestra

Los participantes de este estudio fueron 40 estudiantes de 3º de ESO (14 chicos y 26 chicas) de tres grupos diferentes del IES Mariano Quintanilla de Segovia.

Procedimiento

Para conocer las ideas que presentan los alumnos de 3º ESO sobre la NdCyT se ha empleado como instrumento el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). En dicho cuestionario el método aplicado a las preguntas se ajusta a un modelo de respuesta múltiple, donde cada alumno debe valorar su grado de acuerdo personal expresado en una escala de 1 a 9, que se identifican con tres categorías (ingenuas, plausibles y adecuadas) que han sido asignadas previamente por un grupo de jueces expertos. Junto a estas opciones existen otras dos: no entiendo la cuestión y no sé lo suficiente sobre el tema para seleccionar una opción.

Este formato de opción múltiple permite a los participantes expresar sus puntos de vista sobre una amplia variedad de aspectos de cada tema, que tal vez no aparecería recogidos en una respuesta abierta y libre (Acevedo et al., 2007).

El presente estudio analiza concretamente seis ítems relacionados con la epistemología y la sociología interna de la ciencia (Tabla 1): la observación (90111), la provisionalidad del conocimiento científico (90411) y 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).

Tabla 1.
Ítems analizados en el pretest y el postest 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.

Las valoraciones directas se transforman después en índices actitudinales normalizados en el intervalo [-1,+1], que son los indicadores cuantitativos de las creencias y actitudes de los encuestados, al medir el grado de sintonía de la puntuación directa con la comunidad científica. 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).

La secuencia de enseñanza aprendizaje implementada para tratar aspectos de la NdCyT se titula *Investigando Dragones¹* (Romero y Vázquez, 2013) y consta de las siguientes fases (Tabla 2).

1. Autoría: Marta Romero Ariza. Esta secuencia de enseñanza aprendizaje forma parte del proyecto de investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España) gracias al cual este trabajo ha sido realizado.

Tabla 2.
Organigrama de la implementación
de la secuencia de enseñanza aprendizaje Investigando Dragones.

Tiempo	Actividades	Metodología/ Organización	Materiales/ Recursos
15 minutos	ELICITAR Conocimientos previos	Toda la clase	Verbal Pizarra para ir recogiendo ideas
10 minutos	ENGANCHAR Introducción-motivación Introducir la propuesta: 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 hipóte- sis iniciales en base a los datos dispo- nibles.	Pequeño grupo (3-4 estudiantes)	Anexos 1-3 en fichero sobre materiales y orientaciones
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

Resultados del pretest

Tabla 3.
Resultados obtenidos del pretest

Ítem	90111	904111	90511	90541	70221	70611
Índice actitudinal	0,05	-0,08	-0,07	0,07	0,07	0,07

El análisis de los resultados obtenidos del pretest (Tabla 3) permite conocer algunas de las ideas previas que tienen los estudiantes sobre determinados aspectos de la epistemología y la sociología interna de la ciencia.

Los ítems con una valoración negativa obtenidos identifican las creencias más ingenuas o inadecuadas sobre la NdCyT que tienen los alumnos. Estos ítems son:

- Ítem 90411 (índice actitudinal ponderado de -0,08).
- Ítem 90511 (índice actitudinal ponderado de -0,07).

Enseñar NdCyT equivale a resaltar la importancia de la provisionalidad del conocimiento científico (ítem 90411) y su valor en los procesos de construcción, incluso para las teorías y leyes más contrastadas. Según los resultados obtenidos, para los alumnos el conocimiento científico no cambia y no consideran que su creación proviene de 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 (Acevedo et al., 2008). No obstante, que el índice sea un valor próximo a cero, indica que los alumnos apoyan tanto ideas adecuadas como inadecuadas, es decir, conviven ideas contradictorias sin que parezca surgir en apariencia conflicto en sus pensamientos.

Por otro lado, los alumnos valoran como adecuado el desarrollo gradual en las ideas científicas desde las hipótesis hasta las teorías, y posteriormente, a leyes si son suficientemente buenas (ítem 90511). Es por ello necesario incidir a los alumnos que, pese a estar relacionados entre sí, las teorías y las leyes son dos tipos de conocimiento científico ontológicamente diferentes. Mientras que las leyes describen las relaciones observadas o percibidas de los fenómenos de la naturaleza, las teorías son explicaciones inferidas de los fenómenos naturales y de sus regularidades.

Respecto al resto de resultados destacamos que todos los índices actitudinales muestran unos valores próximos al valor nulo lo que nos revela por parte de los alumnos actitudes en equilibrio entre las creencias positivas (adecuadas) y las creencias negativas (inadecuadas) en el grupo.

Resultados obtenidos en el postest. Comparativa con el pretest

La propuesta didáctica utilizada en esta investigación, basada en una metodología constructivista, tiene dos elementos clave con los que pretende conseguir un aprendizaje más efectivo sobre contenidos de la NdCyT. Por un lado, una enseñanza explícita y por otro, actividades enfocadas a promover la reflexión sobre esta temática a través de preguntas, diálogos, debates,... (García Carmona et al, 2011).

El análisis global de los índices actitudinales normalizados obtenidos en el postest (Tabla 4) nos ha permitido comprobar la evolución en la valoración los ítems y por tanto, si ha habido modificación de las ideas previas de los estudiantes.

Tabla 4.
Índice actitudinales pretest y postest para cada cuestión.

Ítem	90111	904111	90511	90541	70221	70611
Pretest	0,05	-0,08	-0,07	0,07	0,07	0,07
Postest	0,1	-0,04	-0,07	0,19	-0,01	0,02

En términos generales, los índices actitudinales relacionados con la epistemología han variado hacia valores más positivos, a excepción del ítem 90511 que no muestra cambio. Este resultado nos indica que los alumnos continúan sin entender que una ley y una teoría son dos formas distintas de conocimiento. No obstante, es necesario tener en cuenta que la reestructuración de las ideas y esquemas mentales en el alumnado requieren largos periodos de tiempo.

Respecto a los ítems que evalúan contenidos sobre la sociología interna de la ciencia destaca que los índices actitudinales empeoran, aunque en todos los casos se encuentran próximos a la neutralidad. Este hecho puede explicarse debido a que estas cuestiones sobre la sociología interna de la ciencia no son tratadas de manera tan explícita en la secuencia de actividades como otros conceptos, sino que se trabajan de indirectamente durante las sesiones de trabajo en grupo.

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados del pretest nos ha permitido conocer las ideas de los alumnos sobre la ciencia y el conocimiento científico, identificar las ideas ingenuas que presentan e incidir en ellas durante la implementación de la secuencia de enseñanza aprendizaje.

Comparar los resultados obtenidos entre el pretest y el postest nos ha permitido comprobar el grado de efectividad tras la implementación de la secuencia de enseñanza aprendizaje. En este sentido, aunque algunas de las ideas de los alumnos han mejorado, hemos constatado que, a pesar de una exposición explícita de contenidos sobre la NdCyT, aún persisten ideas inadecuadas sobre la ciencia

y los científicos. El hecho de no analizar con mayor detalle las *ideas previas* de los alumnos detectadas en el pretest, ha originado que las creencias ingenuas permanecieran resistentes al cambio, y que los alumnos mantuvieran dos esquemas de conocimientos contrarios y simultáneos, sin que ello entre en conflicto en su pensamiento.

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., 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), pp. 42-66.
- Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), pp. 5-20.
- Bennásar, A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y García-Carmona, A. (coords.) (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 (CAEU) de la OEI. Disponible en: www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf, consultado en abril de 2013.
- Furio, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las Ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedeútica? *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), pp. 403-412.
- 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), pp.134-169.
- 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), pp. 2-31.