

# TRATAMIENTO DE LA SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA EN ALUMNOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. UN ACERCAMIENTO AL PROCESO DE REFLEXIÓN

**María Arranz Fernán**

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática.  
Universidad de Valladolid (UVA)  
arranzfernan@hotmail.com

**Cristina Vallés Rapp**

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática.  
Universidad de Valladolid (UVA)  
cvalles@dce.uva.es

## Resumen

El presente trabajo analiza la adquisición de conceptos sobre la sociología interna de la ciencia en un grupo de estudiantes de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) a partir de la implementación de la propuesta didáctica *Investigando dragones*. La evaluación de los resultados se realiza a través del análisis de las respuestas dadas al Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), el análisis de las anotaciones tomadas durante las diferentes sesiones y la realización de entrevistas semi-estructuradas a los alumnos. Los resultados se revelan la dificultad de trabajar ciertos aspectos de la sociología interna de la ciencia pese a una exposición explícita y la necesidad de ampliar los tiempos de reflexión en el aula.

**Palabras clave:** Naturaleza de la Ciencia (NdCyT); Hipótesis-teoría-ley; Enseñanza Secundaria Obligatoria; Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA).

## Resumo

O trabalho presente analisa a aquisição de conceitos na sociologia interna da ciência em um grupo de estudantes de ensino Secundária Obrigatória (ESO) a partir da implementação de proposta *Investigando dragões*. A avaliação dos resultados foi feita através da análise das respostas ao Questionário de Pareceres sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (COCTS), da análise das notas tomadas durante as várias



sessões e da realização de entrevistas semi-estruturadas aos estudantes. Os resultados revelam a dificuldade de trabalhar certos aspectos da sociologia interna da ciência apesar da exposição explícita e da necessidade de estender o tempo de reflexão em sala de aula são revelados.

**Palavras-chave:** Ensino da Natureza da Ciência e Tecnologia; Hipótese-Teoria-Lei; Ensino Secundário Obrigatório; Sequências de ensino-aprendizagem.

### **Abstract**

This paper analyzes the acquisition of concepts related to the internal sociology of science in a group of Secondary Education (ESO) students by implementing the teaching proposal *Investigating Dragons*. The evaluation of the results was performed through an analysis of the responses to the *Opinions on Science, Technology and Society Questionnaire* (COCTS), analysis of the notes taken during the various sessions and by conducting semi-structured interviews with students. The results reveal the difficulty of working with certain aspects of the internal sociology of science despite explicit exposure and the need to extend the time for reflection in the classroom.

**Keywords:** Nature of Science; Internal Sociology of Science; Secondary Education; Teaching and Learning Sequence (SEA).

### **Introducción**

La necesidad de una alfabetización científica y tecnológica como parte esencial de la educación de todas las personas, aparece reflejada en numerosos informes de política educativa de organismos internacionales (Vázquez y Manassero, 2012). En el caso de España el curriculum oficial de enseñanza secundaria obligatoria establece que los alumnos deberán alcanzar entre otras capacidades:

*Concebir el conocimiento científico como un saber integrado que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.*

Asimismo, el interés por la alfabetización científica en la educación ha sido mostrado en numerosas publicaciones, congresos y encuentros que se han realizado en los últimos veinte años en investigación sobre la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 2008; Bybbe, 1997; Marín, 2003a y b). En estas investigaciones, se acepta que la alfabetización científico-tecnológica está formada por dos componentes, los conceptos y teorías de ciencia y tecnología que forman el cuerpo de leyes y teorías científicas, y los innovadores conocimientos sobre la ciencia y tecnología, que permiten comprender qué es, cómo se construye y evoluciona (García-Carmona et al., 2012, Vázquez y Manassero, 2012). Este segundo componente de la alfabetización, denominado Naturaleza de la Ciencia y Tecnología (NdCyT) es en el que se centra nuestra investigación y, concretamente, en aspectos relacionados con la sociología interna.

En este sentido, y atendiendo a la propuesta de Lederman (2007) sobre qué temas de la naturaleza de la ciencia pueden ser enseñados en Educación Secundaria, este trabajo se centra en dos aspectos:

- El conocimiento científico es subjetivo
- La ciencia afecta y se ve afectada por las condiciones y circunstancias del contexto sociocultural en que se desarrolla.

Habitualmente la enseñanza de las ciencias en los institutos se muestra centrada en contenidos y conceptos de cada disciplina (leyes, teorías, ecuaciones y formalismos) y borra el proceso histórico por el que se llevaron a cabo. De esta manera los alumnos adquieren una visión positivista de la ciencia descontextualizada de los procesos socio-culturales en el que se que se desarrolló, de su evolución y las controversias que surgen en el desarrollo de conocimiento.

Desde este punto de vista, el científico es considerado una persona imparcial y objetiva en sus valoraciones y motivado únicamente por el afán de conocer y mejorar el mundo en el que vivimos. Sin embargo, es necesario entender el contexto en el que se lleva a cabo la investigación, ya que entran en conflicto los valores morales y éticos de la persona, sus experiencias previas así como sus expectativas.

Para abordar con los alumnos estos aspectos de la sociología interna de la ciencia se optó por un enfoque explícito, mediante la implementación en el aula la Unidad Didáctica *Investigando Dragones*, centrada en conceptos de la sociología interna de la NdCyT y con objetivos, contenidos y actividades perfectamente planificadas que



garantizan una mayor interacción entre profesor-alumno y con momentos que inviten a la reflexión desarrollada en el seno del proyecto EANCYT (Vázquez-Alonso, Manassero-Mas, Bennàssar-Roig y Ortiz-Bonnin, 2013). Este enfoque explícito y reflexivo está avalado por numerosos estudios de investigación didáctica que consideran que muestra una mayor eficacia de enseñanza cuando su implantación en el aula conlleva un proceso de reflexión en torno a los aspectos de la naturaleza de la ciencia que se aborden en la investigación.

El objetivo de este estudio es conocer las ideas previas que tienen los alumnos sobre ciertos aspectos de la sociología interna de la ciencia, aplicar una propuesta didáctica que trate aspectos de la sociología interna donde se invita a la reflexión y evaluar de manera cualitativa y cuantitativamente el progreso experimentado por los alumnos.

## **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 a los alumnos durante el desarrollo e implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) y entrevistas personales.

### *Muestra y fases de la investigación*

Los participantes de este estudio fueron en total 80 estudiantes de tercero de Enseñanza Secundaria Obligatoria de un instituto público de España; el grupo control, formado por 40 alumnos (15 chicos y 25 chicas) que no realizan la actividad y el grupo experimental, formado por otros 40 alumnos (14 chicos y 26 chicas) que participaron en la SEA.

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 (Arranz et al., 2014).

### *Instrumentos y procedimientos*

Para detectar las ideas previas que tienen los estudiantes de 3 ° de la 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 (2005). 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 dos ítems del COCTS relacionadas con la sociología interna de la ciencia planteados en la SEA: las decisiones científicas (70221) y la influencia de individuos en la toma de decisiones (70611) (Anexo I).

Como se ha comentado anteriormente, para tratar los conceptos expuestos sobre la NdCyT se utilizó la SEA "*Investigando Dragones*" (Romero y Vázquez, 2013; Romero, 2014). Durante dicha actividad y con el fin de conocer las impresiones e inquietudes de los estudiantes durante su aplicación, 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.

## **Resultados y Discusión**

### *Análisis de las ideas previas detectadas en el pretest sobre la sociología interna de la ciencia*

El análisis de los resultados obtenidos en el pretest nos permite conocer las ideas previas que tienen los estudiantes sobre determinados conceptos básicos de la sociología interna de la ciencia y así valorar previamente las dificultades potenciales que deben afrontarse durante la implementación de la SEA.



Tabla 1 – Índice actitudinal del pretest por cuestión.

Cuestión	Grupo control	Grupo experimental
70221	0,03	0,07
70611	-0,02	0,07

Sobre las decisiones de los científicos (70221)

El ítem referente a la toma de decisiones (70221) muestra dos frases adecuadas (70221b y 70221d) y otras dos ingenuas (70221a y 70221c) (Vázquez et al., 2007).

Tabla 2 – Porcentajes obtenidos en las respuestas del ítem decisiones de los científicos (70221) en el total de los 80 alumnos participantes,

Ítem	Categoría	Acuerdo	Indeciso	Desacuerdo	Otros
70221a	<b>Ingenua</b>	65	20	15	0
70221b	<b>Adecuada</b>	76,25	17,5	6,25	0
70221c	<b>Ingenua</b>	38,75	16,25	45	0
70221d	<b>Adecuada</b>	38,75	23,75	37,5	0
70221e	<b>Plausible</b>	17,5	15	67,5	0

De las frases consideradas como adecuadas, una de ellas que afirma que las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos (70221b) fue valorada como verdadera por un 76,25% (Tabla 2). Sin embargo, la otra frase adecuada que indica que los científicos al ser humanos toman sus decisiones influidas, por sus propios sentimientos, por su opinión personal o por beneficios tales como el prestigio o el dinero es valorada positivamente tan sólo por un 38,75 %. Ésta subjetividad inevitable para que la ciencia progrese no es considerada por los alumnos como correcta. Posiblemente los alumnos tengan una visión idealizada del científico que basa sus decisiones sólo en los hechos.

En relación con las creencias ingenuas obtienen una valoración desigual. La frase (70221a), que defiende que las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos fue respaldada por un 65% mientras que considera que depende del carácter de cada científico es considerada como adecuada por un 38,75% (Tabla 2).

Estos porcentajes tan desiguales obtenidos, tanto en las respuestas adecuadas como en las ingenuas, podrían indicar la existencia de contradicciones e incoherencias en el pensamiento de los estudiantes.

Por otro lado, el alto número de estudiantes que sostienen que la ciencia se basa en hechos observables y en su comprensión científica (un 65%) aparece en sintonía con los resultados obtenidos por Vázquez y sus colaboradores (2006) en alumnos de bachillerato de las dos modalidades, quienes consideran que en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente justificada.

De este modo, los alumnos defienden que el conocimiento científico debe ser imparcial y objetivo en sus investigaciones y en ningún caso son conscientes de la subjetividad inevitable propia de toda investigación científica y que pese a ello, permite que la ciencia progrese y permanezca firme (Acevedo, 2008).

Esta ausencia de valores, las creencias (culturales, sociales y políticas) así como emociones, y sentimientos propia de la epistemología positivista de la ciencia es recogida en muchos libros de texto y en el pensamiento de gran parte del profesorado de ciencias que posteriormente transmiten a los alumnos (Manassero y Vázquez, 2001a y b).

El índice actitudinal de este ítem muestra un valor de 0,09 en el grupo control y 0,07 en el grupo experimental, lo que nos indica una tendencia positiva en ambos casos, aunque más próxima a la neutralidad en el caso de los alumnos que llevaron a cabo la SEA (Tabla 1).

#### Sobre la influencia de los individuos (70611)

El ítem relacionado con la influencia del carácter del científico en el contenido de una teoría (70611) muestra tres frases ingenuas (70611 a, b y c) y dos adecuadas (70611 e y f) (Vázquez et al., 2007).



Tabla 3 – Porcentajes obtenidos en las respuestas del ítem decisiones de los científicos en el total de lo 80 alumnos participantes (70611)

Ítem	Categoría	Acuerdo	Indeciso	Desacuerdo	Otros
70611a	<b>Ingenua</b>	67,5	20	8,75	3,75
70611b	<b>Ingenua</b>	65	13,75	17,5	3,75
70611c	<b>Ingenua</b>	50,63	21,52	25,32	2,53
70611d	<b>Plausible</b>	58,75	17,5	22,5	1,25
70611e	<b>Adecuada</b>	58,75	18,75	20	2,5
70611f	<b>Adecuada</b>	46,25	25	27,5	1,25

Las tres frases ingenuas que recoge el ítem que afirman que el carácter del científico no influye en el contenido de una teoría, fueron ampliamente aceptadas por los estudiantes (67,5% a, 65% b, y 50,63% c). Asimismo, las frases consideradas como adecuadas (70611 e y f) que aseveran todo lo contrario (que el carácter del científico influirá en el contenido de una teoría) tienen unos porcentajes de aceptación del 58,25% y 46,25% respectivamente (Tabla 3). De nuevo los alumnos muestran incoherencias en sus opiniones.

Para los alumnos si los científicos parten de los mismos hechos estos desarrollarán la misma teoría de manera independiente, ya que ambos se basan en el método científico. Los alumnos no comprenden que la subjetividad personal es inevitable; los valores personales, las prioridades y las experiencias anteriores dictan hacia dónde y cómo los científicos dirigen su trabajo (Vázquez et al., 2007).

Este resultado es similar a los resultados obtenidos en un estudio realizado por Acevedo y Acevedo (2002) a futuros profesores de enseñanza secundaria, quienes creen en la objetividad de la ciencia y de los científicos en su trabajo, asociando su objetivismo a la existencia de un método riguroso y universal, el método científico, basado en Observación-Hipótesis-Experimentación-Teoría.

Esta creencia de un método científico general y universal difiere de su concepción actual. El método científico lejos de considerarse como la única vía para llegar a unos resultados seguros, válidos y exactos a través de la ejecución de una

serie de fases bien conocidas, se considera como un conjunto de supuestos no escritos y valores aceptados por la comunidad científica que sirven para avalar una racionalidad común. Así, la fundamentación en el cuerpo de conocimientos, la emisión y contrastación de hipótesis, la predicción o predictibilidad, la coherencia y la referencia empírica de las teorías y modelos constituyen lugares comunes habituales de esta metodología y cuyas exigencias necesarias e ineludibles son la comunicabilidad (publicidad) y la replicabilidad (Manassero y Vázquez, 2001b).

Por otro lado, el índice actitudinal de este ítem muestra un valor de -0,06 en el grupo control y 0,07 en el grupo experimental, lo que revela una actitud negativa en el grupo control (creencias inadecuadas) y una actitud positiva en el grupo experimental (creencias adecuadas). No obstante, ambos valores se encuentran próximos al valor nulo (Tabla 1).

De los resultados obtenidos de este pretest, observamos que todas estas ideas ingenuas recogidas sobre la sociología interna de la ciencia, coinciden con algunos de los mitos de la NdCyT sugeridos por McComas (1996, 1998):

- La ciencia y sus métodos ofrecen pruebas absolutas.
- Los científicos son especialmente objetivos.

#### *Análisis de la aplicación de la Unidad Didáctica*

##### Brainstorming

Al empezar la Unidad Didáctica se plantea a los alumnos una serie de cuestiones con el fin de crear un clima de acercamiento entre el profesor-alumnado y del alumnado entre sí (Vilches, 2007).

Tras la revisión de las anotaciones del diario de investigación realizado durante el brainstorming o tormenta de ideas se han podido identificar algunas ideas ingenuas que tienen los estudiantes en relación con la sociología interna de la ciencia.

Al comentar con los alumnos la objetividad de los científicos en sus investigaciones, un gran número de alumnos consideraron con gran rotundidad que:

- *Los científicos son siempre objetivos* (estudiante 1).

No obstante, alguno de los participantes añadió:

- *O por lo menos deberían serlo* (estudiante 2).



Por otro lado, al tratar sobre las motivaciones que tienen los científicos para hacer ciencia, muchos estudiantes hablan de la necesidad de comprender el mundo en el que vivimos y sin mencionar en ningún caso otros posibles intereses menos altruistas como son la fama o el reconocimiento de la comunidad científica.

De este modo, los resultados positivistas obtenidos durante la tormenta de ideas no hacen más que confirmar los obtenidos en el pretest.

#### Actividad de desarrollo

La investigación científica llevada a cabo por los alumnos permitió a los alumnos comprender cómo se trabaja en las ciencias experimentales. Tras su finalización, y después de que cada grupo presentara sus conclusiones al resto de la clase se les invitó a la reflexión mediante una puesta en común.

En este sentido se pusieron en común unos hechos que fueron recogidos en el cuaderno de notas del profesor. Durante la realización de la actividad se observó que mientras grupos compartían sus resultados obtenidos con los compañeros otros se negaban y preguntaban al profesor si debían facilitar esta información a lo que el profesor les decía que hicieran lo que ellos consideraban.

Al exponer estas situaciones en grupo algunos alumnos hacían referencia a:

- *Nosotros estamos dispuestos a compartir los datos pero no a que se los quiten...* (Estudiante 3)
- *Que lo busquen ellos que a nosotros nos ha costado mucho* (Estudiante 4)
- *Solo quieren copiarse* (Estudiante 5)
- *Yo no lo pienso compartir* (Estudiante 6)

Al comentar en alto estas frases y extrapolarlas a una situación real los alumnos fueron conscientes que a los científicos además del afán de conocer también les motiva otros intereses como el reconocimiento por parte de sus compañeros que podrían considerarse “comunidad científica”.

Por otro lado, al preguntarles cómo se han sentido siendo científico al buscar explicación a unos hechos observados muchos de ellos, coincidían en que para ser un buen científico hay que ser muy inteligente, creativo, paciente y saber escuchar las propuestas de los compañeros. Uno de ellos sugirió:

- *Lo que más me ha costado como científico es convencer a otros sobre mis ideas (estudiante 7).*

El hecho de que unos alumnos intentaran “convencer de su propuesta” al resto de compañeros, permitió conocer otra de las características de la actividad científica y de los científicos relacionada con la sociología interna de la ciencia, como es la comunicación profesional entre científicos que no aparecía recogida en nuestro cuestionario. Los alumnos fueron conscientes de que en la construcción del conocimiento la comunicación con otros colegas es fundamental, ya que de su opinión, depende el éxito o el fracaso final del trabajo propio e incluso del grupo.

El papel de la comunicación del conocimiento resulta especialmente relevante en nuestros días, ya que en los últimos años se están desarrollando canales alternativos (p.e., revistas electrónicas, grupos de discusión en internet...) que facilitan la difusión de las contribuciones académicas. A pesar de la influencia de la comunicación científica en las decisiones y estrategias que desarrollan los investigadores, éste es uno de los elementos a los que menos atención se presta en filosofía de la ciencia y, como consecuencia, en la presentación que hacemos de la ciencia al alumnado y en las visiones que transmitimos (Campanario, 2000).

Otro de los aspectos trabajados implícitamente sobre la NdCyT que no aparece valorado en el pretest fue el trabajo en grupo y la toma de decisiones por consenso. El hecho de que cada grupo solo pudiera proponer una teoría, originaba que dentro del grupo tuviera que existir un acuerdo. Esto permitía a los alumnos manifestar sus opiniones, debatir sobre las diferentes teorías propuestas y llegar a consensos sobre cuál es la teoría que debía defender el grupo (en muchos casos este consenso se adquiría por votación). En algunos casos incluso se produjeron pequeños enfados entre los compañeros y aludieron a que no sabían trabajar en grupo.

La integración de los científicos en grandes equipos de trabajo especializados e interdisciplinarios es algo común en los proyectos tecnocientíficos y por ello se requiere de una programación cuidadosa y donde la creatividad y la imaginación se hacen instrumentos cotidianos en el trabajo de los científicos (Campanario, 2000). En este contexto de gran ciencia se desarrollan los valores y rasgos de organización para garantizar su supervivencia como institución social, además de la eficacia demostrada para resolver problemas específicos, y que a nivel individual determina la conducta profesional, las motivaciones y los valores de los científicos como consecuencia del refuerzo obtenido de los intercambios científicos.



### Resultados de las entrevista a estudiantes

En el cuestionario entregado a los alumnos se les preguntaba: *¿Qué cosas has aprendido?* Ninguna de las respuestas aportadas por los alumnos hacían referencia a aspectos relacionados con la sociología interna de la ciencia como son la subjetividad en el conocimiento científico, los problemas que surgen durante el desarrollo del trabajo científico, la metodología aplicada, las interacciones entre los diferentes equipos de investigación... De este modo, los alumnos aparentemente continúan sin valorar la importancia de la comprensión de conceptos de la sociología interna de la ciencia en las investigaciones científicas.

### *Resultados obtenidos en el posttest. Comparativa con el pretest*

La realización del posttest a los tres meses de la implementación de la SEA, nos ha permitido comprobar si se ha producido algún cambio en la valoración de los ítems por tanto, en sus índices actitudinales (Tabla4).

Tabla 4 – Índice actitudinales pretest y posttest para cada cuestión

Índice actitudinal por cuestión				
Cuestión	grupo control		grupo experimental	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
70221	0,03	0,09	0,07	-0,01
70611	-0,02	-0,06	0,07	0,02

Media de 40 individuos por grupo

A la vista de los resultados obtenidos hemos constatado que los alumnos continúan con ideas inadecuadas y positivistas.

## Decisiones de los científicos (70221)

Tabla 5 – Comparación de resultados obtenidos del ítem decisiones de los científicos (70221) entre el pretest y el postest del grupo experimental.

Pretest (%)					
Categoría	70221a	70221b	70221c	70221d	70221e
Valoración	Ingenua	Adecuada	Ingenua	Adecuada	Plausible
Acuerdo	72,5	85	42,5	45	20
Indeciso	15	2,5	20	25	12,5
Desacuerdo	12,5	12,5	37,5	30	67,5
Otros	0	0	0	0	0
Postest (%)					
Categoría	70221a	70221b	70221c	70221d	70221e
Acuerdo	55	57,5	47,5	45	37,5
Indeciso	12,5	15	15	17,5	12,5
Desacuerdo	32,5	27,5	37,5	37,5	50
Otros	0	0	0	0	0

Al analizar los resultados obtenidos del postest observamos que las dos frases adecuadas (70221b y 70221d), tras la realización de la SEA tienen una menor aceptación. La frase 70221b pasa de 85% a 57,5% mientras que la frase 70221d permanece invariable (45% del alumnado la considera adecuada).

Por otro lado, la creencia ingenua (70221a) que defiende lo contrario, es decir, que las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, disminuye tras la implementación de la secuencia y por tanto mejora su comprensión (pasa de un 72,5% a un 55%) (Tabla 5).

El hecho que permanezca con valores tan altos las ideas adecuadas como inadecuadas tras la realización del postest, indican que perduran las contradicciones e incoherencias en el pensamiento de los estudiantes y todo ello sin que parezca entrar en conflicto. Asimismo, consideran 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.

Con el fin de mejorar la implementación de la secuencia, sería interesante introducir un contexto histórico en el que se desarrolle la investigación y no verlo como algo aislado e independiente de ella, ya que una imagen ahistórica ciencia borra la influencia de la sociedad sobre la ciencia y los científicos.

El análisis global del índice actitudinal para este ítem nos muestra un importante cambio en el grupo (varía 0,08). No obstante, el valor es próximo al valor nulo (0,01), lo que nos indica que existe un equilibrio entre creencias positivas (adecuadas) y negativas (inadecuadas) sobre si decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico son neutrales (Tabla 4).

#### Influencia de los individuos (70611)

Respecto a la comparación de los resultados obtenidos entre el pretest y el postest en el ítem 70611 que trata la influencia de los individuos en las investigaciones científicas, observamos que en las tres frases ingenuas que muestra el ítem (70611 a, b y c) se produce un claro aumento del número de alumnos que las consideran inadecuadas respecto al pretest (varían de un 7,5% a un 25% en la frase a, de un 15% a un 32,5% en la frase b, y de un 17,5% a un 37,5% en la frase c). No obstante, al igual que ocurría en casos anteriores, el número de alumnos que la consideran inadecuada no supera el 50% (Tabla 5).

En relación con las ideas adecuadas que presenta el ítem (frase e y f) se observa una reducción en el número de alumnos que las consideran correctas. De hecho, destaca la pregunta E, que pasa de ser aceptada por un 72,5% de los alumnos a un 50%. Por tanto, aumentan las dudas respecto a este ítem que se analizarán más adelante (Tabla 5).

Estos resultados pueden explicarse debido a que sobre estas cuestiones relacionadas con la sociología interna de la ciencia no se incide demasiado en la propia secuencia implementada, sino que se trabajan de manera indirecta durante las sesiones de trabajo en grupo, en las que los alumnos actúan como investigadores.

Tabla 5 – Comparación de resultados obtenidos del ítem influencia de los individuos (70611) entre el pretest y el posttest del grupo experimental

Pretest (%)						
Categoría	70611a	70611b	70611c	70611d	70611e	70611f
Valoración	Ingenua	Ingenua	Ingenua	Plausible	Adecuada	Adecuada
Acuerdo	77,5	77,5	65,00	72,5	72,5	60
Indeciso	15	5	15,00	2,5	20	12,5
Desacuerdo	7,5	15	17,50	25	7,5	22,5
Otros	0	2,5	2,50	0	0	5
Postest (%)						
Categoría	70611a	70611b	70611c	70611d	70611e	70611f
Acuerdo	55	62,5	47,5	52,5	50	60
Indeciso	20	2,5	15	27,5	17,5	15
Desacuerdo	25	32,5	37,5	20	32,5	25
Otros	0	2,5	0	0	0	0

Media de los 40 individuos

Al calcular el índice actitudinal del ítem 70611 para el grupo control observamos que el valor sufre una ligera variación negativa de -0,02 a -0,06. Por otro lado, el índice actitudinal para el grupo experimental pasa de un valor negativo (-0,07) a otro positivo aunque próximo a cero (0,02) (Tabla 4).

## Conclusiones

Organizar el aprendizaje de los alumnos mediante una investigación dirigida como la que plantea la propuesta Investigando Dragones, permite a los estudiantes conocer cómo se realiza una investigación, cuáles son los trabajos típicos del quehacer científico y cómo establecer una explicación científica a los hechos observados. Pese a trabajar varios aspectos sobre la sociología interna de la ciencia, las valoraciones a los diferentes ítems no experimentan una gran modificación tras la implementación de la SEA. Quizá se debería incidir aún más en los procesos de



reflexión, ya que su aprendizaje pasa por aprender a argumentar reflexivamente en torno a cuestiones de la ciencia.

### **Reflexión Final**

Para profundizar más en estas cuestiones comentadas en las conclusiones podemos crear durante la realización de la SEA un mayor número de encuentros que inviten al debate.

Tras la realización de la investigación, cuando cada grupo presenta sus conclusiones al resto de la clase es conveniente que vuelvan a reflexionar sobre aspectos concretos de la sociología interna de la ciencia mediante una secuencia de preguntas.

Con el fin de que los estudiantes tomen conciencia de la necesidad de llegar a acuerdos en la elección de una hipótesis a analizar, se les puede preguntar:

- ¿Cómo habéis decidido la hipótesis más adecuada a estudiar?
- ¿Qué ventajas tiene trabajar en grupo como una “comunidad científica”?

Para abordar la subjetividad de los científicos en el desarrollo científico debido a sus conocimientos previos, experiencias, intereses, se les puede pedir que reflexionen sobre lo siguiente:

- ¿Crees que tu interés por esta investigación sería igual si el estudio es subvencionado por una empresa que pretende urbanizar el área o por cazadores?

En cuanto a cómo la ciencia se ve afectada el desarrollo científico por las circunstancias del momento histórico y del contexto socio-cultural se les puede hacer que reflexionen sobre lo siguiente:

- ¿Crees que esta investigación tendría interés hace cien años? ¿Por qué?

De este modo, los alumnos comprenderán que factores como la situación socio-política del momento, la religión, la cultura, las necesidades económicas, ambientales,... influyen en que unos campos de la ciencia tengan más interés o apoyos que otros, o que ciertas teorías sean mejor acogidas que otras.

Con las respuestas consensuadas por cada grupo, respecto a las cuestiones anteriores, se vuelve hacer una puesta en común en clase, al objeto de ofrecer una

reflexión conjunta y una nueva reflexión sobre estos aspectos de la sociología interna de la ciencia.

Es necesario tener presente en todo momento que los alumnos no están acostumbrados a este tipo de trabajo y por tanto es conveniente crear situaciones de debate y discusión.

### **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).

### **Bibliografía**

- 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.
- Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Consultado en <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>
- Acevedo 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.
- Arranz, M., Vallés, C. y Vázquez, 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.
- Bybee, R. (1997). Toward and Understanding of Scientific Literacy. En W. Gräber, y C. Bolte (Eds). *Scientific Literacy*. (pp.37-68). Kiel:IPN.
- 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.



- 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.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Marín, N. (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65-78.
- Marín (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Extra, 43-55.
- McComas, W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- 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.
- Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2001a). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.
- Manassero, M. A. y Vázquez, Á. (2001b). Actitudes de los estudiantes y profesorado sobre las características de los científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 255-268.
- 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.
- Romero, M. (2014). Investigando dragones. En Á. Vázquez-Alonso, M. A. Manassero-Mas, y A. Bennàssar-Roig, (Comp.), *Secuencias de Enseñanza Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Unidades Didácticas del proyecto EANCYT*. Palma de Mallorca: Autor (CD).
- Rubba, P. A. y Harkness, W. L. (1993). Examination of Preservice and In-Service Secondary Science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.

- Vázquez Alonso, A., Manassero, M. A. y Acevedo J. A. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7 (1).
- Vázquez Alonso, A., Castillejos, S. A., García-Ruíz, M., Garritz, A., Manassero, M. A., Martín, M., Quetglas, B. y Rueda, C. (2006). Proyecto de Investigación Iberoamericano en Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS). Memoria del I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS. México D.F.
- Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Bennàssar-Roig, A. y Ortiz-Bonnin, S. (2013). Proyecto EANCYT: Enseñar, aprender y evaluar sobre naturaleza de la ciencia y tecnología. En P. Membiela, N. Casado y M<sup>a</sup> I. Cebreiros, (eds.), *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias* (pp. 283-288). Ourense: Educación Editora.
- 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, Á. y M. A. Manassero (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.
- Vilches, A. (2007). Una unidad didáctica clave para la implicación del alumnado: ¿Cómo empezar? *Alambique*, 52, 28-33.



## ANEXO I

**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 (p.e., 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.