

## **RESULTADOS GLOBALES DE LAS CUESTIONES DE EVALUACIÓN APLICADAS EN LA INVESTIGACIÓN EANCYT**

**María-Antonia Manassero-Mas**

Universidad de las Islas Baleares/Departamento de Psicología  
ma.manassero@uib.es

**Ángel Vázquez-Alonso**

Universidad de las Islas Baleares/Facultad de Educación  
angel.vazquez@uib.es

**Raúl Moralejo**

Universidad Tecnológica Nacional de Mendoza  
rmoralejo@frm.utn.edu.ar

**Martín Vega**

Universidad Tecnológica Nacional de Mendoza  
martin.vega7@gmail.com

### **Resumen**

El objetivo de este estudio es ofrecer una aproximación preliminar basada en el conjunto global de los resultados de evaluación logrados en todas las aplicaciones de las distintas secuencias de enseñanza aprendizaje de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología (EANCYT). Estos resultados engloban las respuestas dadas por los estudiantes de los grupos de control y de los grupos experimentales tanto en la evaluación inicial (pre-test) como en la evaluación final (post-test). Puesto que en la investigación EANCYT se han aplicado un gran número (82) de las cuestiones que forman el cuestionario de opiniones sobre ciencia tecnología y sociedad (COCTS), las más de 230000 respuestas de cerca de 4000 estudiantes participantes en la investigación ofrecen un conjunto de datos empíricos sólido para un doble objetivo: el diagnóstico de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT) sobre una gran variedad de temas y cuestiones y la verificación empírica global de la eficacia de las secuencias de enseñanza aprendizaje aplicadas para mejorar las concepciones de los estudiantes sobre la NdCyT. Las concepciones de los estudiantes son pobres, y ofrecen rasgos de inconsistencia importantes que las hacen superficiales. Los resultados sobre la eficacia de las secuencias de enseñanza



son cuantitativamente modestos pero muestran indicadores y tendencias de mejora claras en los grupos experimentales que recibieron enseñanza mediante las secuencias y cuyos cambios más relevantes pertenecen, principalmente, a temas sociales e institucionales de la comunidad científica. Se discuten algunas implicaciones educativas y las limitaciones de este análisis global que comprende datos muy heterogéneos.

**Palabras clave:** Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología; Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje; Evaluación; comparaciones pretest-posttest; comparaciones control-experimental.

### **Resumo**

O objetivo deste estudo é fornecer uma abordagem preliminar com base em um conjunto abrangente dos resultados da avaliação obtidos em todas as aplicações das diferentes sequências de aprendizagem da pesquisa sobre o ensino e aprendizagem da natureza da ciência e da tecnologia (EANCYT). Estes resultados abrangem as respostas dadas pelos estudantes nos grupos de controlo e grupos experimentais, tanto na avaliação inicial (pré-teste) e da avaliação final (pós-teste). Como a pesquisa EANCYT aplicou um grande número (82) das questões que formam o questionário de opiniões sobre ciência, tecnologia e sociedade (COCTS), os mais de 230 mil respostas de cerca de 4.000 alunos que participam da pesquisa fornecem um conjunto sólido de evidência para um duplo propósito: o diagnóstico de concepções sobre a natureza da ciência e tecnologia (NdCyT) em uma variedade de tópicos e questões e a verificação empírica global da eficácia das sequências de ensino e aprendizagem aplicadas para melhorar concepções dos estudantes sobre o NdCyT. As concepções dos alunos são pobres, e oferecem características significativas de inconsistência que tornam as concepções superficiais. Os resultados sobre a eficácia das sequências didáticas são modestos, mas fornecem indicadores claros e tendências de melhoria em grupos experimentais que receberam educação através das sequências, e as mudanças mais relevantes principalmente pertencem a os temas da comunidade científica social e institucional. Algumas implicações educacionais e limitações desta análise global, que inclui dados muito diferentes, são discutidas.

**Palavras-chave:** Natureza da Ciência e Tecnologia; Sequências de



ensino-aprendizagem; avaliação; Comparações Pré-pós-teste; Comparações Controlado-experimental.

### **Abstract**

This study aims to present a preliminary approach based on a comprehensive set of evaluation results achieved in the application of many different sequences of learning within the framework of a research on teaching and learning the nature of science and the technology (EANCYT). These results encompass the answers given by students assigned to the control and experimental groups both in the initial evaluation (pre-test) and the final evaluation (post-test). The EANCYT research have implemented a large number (82) of issues, drawn from the questionnaire of views on science technology and society (COCTS), which collected more than 230,000 responses from nearly 4,000 students participating in research, thus providing a solid evidence set for a dual purpose: the diagnosis of conceptions about the nature of science and technology (NOST) on a variety of topics and issues and the global empirical verification of the effectiveness of teaching and learning sequences to improve students' NOST conceptions. The conceptions of students are poor, and display significant features of inconsistency and shallowness. The results on the effectiveness of teaching sequences are modest, though provide clear indicators and trends of improvement in experimental groups, which were taught through the sequences; the most relevant changes identified in this global analysis mainly refer to some traits of the social and institutional science community. Some educational implications and limitations of this global analysis, which encompasses quite different data, are discussed.

**Keywords:** Nature of Science and Technology; Teaching-learning Sequences; Evaluation; Pre-test – Post-test Comparisons; Control-experimental Comparisons.

### **Introducción**

Una parte esencial de la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos es aprender sobre las prácticas científicas y tecnológicas implicadas en el desarrollo del conocimiento científico, que en la investigación didáctica de ciencias se conoce con el nombre de naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT). La



NdCyT es un meta-conocimiento, principalmente epistémico (pero no sólo) acerca de las construcciones, los procesos y los valores que son intrínsecos a la actividad científica, y sobre los cuales hay un fuerte consenso para que sean enseñados y aprendidos por un ciudadano educado (Acevedo, 2009; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2008; McComas y Olson, 1998; Vázquez y Manassero, 2012a, 2012b).

Sin embargo, la existencia de consensos no evita que la enseñanza de la NdCyT sea compleja, multifacética, dinámica y con componentes del ámbito afectivo y ético que no pueden reducirse a una lista de temas, predominantemente epistemológicos, como sugiere Lederman (2008). Tampoco puede pretenderse enseñarlos como meros contenidos cognitivos, acabados y memorizables (“la ciencia es X”), sino como contenidos meta-cognitivos cuyo aprendizaje está enfocado a la comprensión y convicción argumentada (“la ciencia es X, pero también es Y, y en determinadas situaciones podría ser Z, etc.”), desde una perspectiva auténtica, abierta y crítica (Allchin, 2011; Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2014; Matthews, 2012). En particular, la propuesta de consensos de Irzik y Nola (2014), apoyada por Erduran y Dagher (2014), coincide con las líneas generales defendidas en nuestras propias investigaciones, basadas en la consideración de dos grandes dimensiones, la dimensión epistémica y la dimensión social de la ciencia (Bennáassar et al. 2010).

El proyecto curricular “Next Generation Science Standards” (NGSS, 2013) en USA es uno de los últimos desarrollos que intentan perfeccionar la enseñanza de la ciencia, y dentro de ella aporta una visión curricular reforzada, simplificada y renovada de la NdCyT. Los acuerdos básicos sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología que debe enseñarse a estudiantes no universitarios son los siguientes: Las investigaciones científicas usan una diversidad de métodos; el conocimiento científico se basa en evidencias empíricas; el conocimiento científico está siempre abierto a revisión a la luz de nuevas evidencias; los modelos, leyes, mecanismos y teorías científicos explican los fenómenos naturales; la ciencia es una forma de saber; el conocimiento científico asume un orden y consistencia en los sistemas naturales; la ciencia es una empresa humana; la ciencia se ocupa de cuestiones acerca del mundo natural y material.

Los primeros cuatro de estos acuerdos están estrechamente relacionados con las prácticas científicas y tecnológicas y los cuatro segundos son conceptos transversales a todo el currículo de ciencias.



Una gran cantidad de investigación se ha dedicado a intentar dilucidar la metodología más efectiva para conseguir la mejor enseñanza de la NdCyT. Desde hace años estas investigaciones acerca de la efectividad educativa para enseñar la NdCyT parecen decantar dos requisitos clave: el carácter explícito de la enseñanza y la realización de actividades enfocadas a promover la reflexión sobre esta temática (ver las revisiones de Acevedo, 2008; García-Carmona et al., 2011). Aunque ambos rasgos tienen defensores y detractores la cantidad de investigación acumulada y su análisis han permitido clarificar ambos conceptos y confirmarlos.

La enseñanza explícita considera que los contenidos de NdCyT deben hacerse directamente evidentes en las actividades de aprendizaje (no implícitos o indirectos), lo cual requiere una planificación manifiesta y significativa de los elementos curriculares básicos (objetivos, contenidos y evaluación), así como su aplicación directa y fiel en el aula. En las actividades de reflexión los estudiantes deben tener la oportunidad de reflexionar sobre cómo contribuyen las diversas prácticas de investigación científica a la acumulación del conocimiento científico; por ejemplo, si llevan a cabo una investigación, desarrollan modelos, plantean cuestiones o participan en discusiones, debe dárseles oportunidades de pensar acerca de qué y por qué han hecho lo que han hecho y comparar sus planteamientos con otros estudiantes o científicos. Este tipo de reflexión pretende hacer entender la importancia de cada actividad y desarrollar una apreciación más significativa de la naturaleza de la ciencia.

El tratamiento intencional y explícito de contenidos de NdCyT unido a las actividades de reflexión sobre NdCyT se denomina enfoque explícito y es el método de enseñanza para NdCyT que reúne más pruebas favorables sobre su eficacia (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009; Acevedo, 2009; Deng, Chen, Tsai y Chai, 2011; Lederman, 2008). La revisión de Deng y sus colegas (2011) es crucial para demostrar el mayor valor de los enfoques explícitos y reflexivos (frente a los enfoques implícitos), pues el 88% de estudios con enfoques explícitos alcanzaron mejoras de la comprensión de la NdCyT estadísticamente significativas o reconocibles, frente a sólo el 47% de los implícitos con resultados favorables. El análisis de tres estudios que compararon directamente enfoques implícitos y explícitos prueba en los tres cambios favorables del enfoque explícito, mientras no observaron cambios en los implícitos. Asimismo, confirman que todos los estudios que usan estrategias basadas en argumentación, reflexión o debates lograron mejoras; pero los estudios que carecen de una actividad reflexiva no producen



cambios.

La enseñanza explícita efectiva se puede lograr en diferentes contextos de enseñanza, tales como actividades de investigación (indagación o trabajo de laboratorio), cursos específicos sobre métodos o filosofía de CyT, temas de historia de la CyT, cuestiones tecno-científicas de interés social o contenidos tradicionales de CyT impregnados con contenidos de NdCyT. La historia de la ciencia es un contexto metodológico adecuado para desarrollar la comprensión de los estudiantes sobre la NdCyT; algunos estudios de casos históricos como la revolución de Copérnico, la mecánica newtoniana, el estudio de patrones de rocas y fósiles de Lyell, el progreso de la deriva de los continentes a la tectónica de placas, Lavoisier / Dalton y la estructura atómica, la Teoría de Darwin de la evolución biológica, Pasteur y la teoría de los gérmenes, Watson y Crick y el modelo de genética molecular, etc. constituyen ejemplos históricos paradigmáticos de las diversas disciplinas científicas al estudio de la NdCyT.

La construcción de materiales específicos para enseñar NdCyT, así como las investigaciones sobre la enseñanza de NdCyT se han realizado en contextos anglosajones y con estudiantes universitarios de ciencias, frecuentemente en formación inicial para ser profesores (Khishfe, 2008; Vázquez, Manassero y Ortiz, 2013). Las investigaciones en contextos educativos no anglosajones y con estudiantes más jóvenes, son más escasas y constituye un campo abierto de investigación que afronta la investigación sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de la Naturaleza de Ciencia y Tecnología (EANCYT) con estudiantes jóvenes latino-americanos en los diversos niveles educativos que presenta este trabajo (Vázquez, Manassero y Bennássar, 2013). El propósito de este estudio es ofrecer una aproximación global a los resultados de evaluación logrados en todas las aplicaciones de las distintas secuencias de enseñanza aprendizaje de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología (EANCYT). Estos resultados engloban las respuestas dadas por los estudiantes de los grupos de control y de los grupos experimentales tanto en la evaluación inicial (pre-test) como en la evaluación final (post-test).

## **Metodología**

Las líneas generales de la metodología del proyecto de investigación EANCYT han sido descritas y detalladas en otro artículo, de modo que aquí se aportan los



datos concretos que se refieren a la aplicación del proyecto global.

### **Participantes**

Los participantes en el proyecto EANCYT son estudiantes de distintas instituciones escolares de enseñanza básica, media y superior pertenecientes a los países que aplicaron el proyecto EANCYT que respondieron las cuestiones de evaluación administradas. El número de respuestas codificadas es superior a las 234000, un dato que supone aproximadamente 4000 estudiantes participantes. Las edades oscilan entre 12 y 54 años, y la distribución aproximada por sexos es de 55% mujeres y 44% hombres (uno por ciento de casos perdidos en la variable sexo).

Un grupo de 90 personas, investigadores del proyecto y otros profesores externos colaboradores con el proyecto, aplicaron las secuencias de enseñanza aprendizaje a los estudiantes en 136 grupos-clase participantes de diferentes instituciones educativas. Una proporción de 38 % de las respuestas corresponden a la condición de grupo control y 62% de respuestas corresponden a la condición de grupo experimental. Asimismo, 60% de las respuestas fueron emitidas como evaluación inicial y 40% como evaluación final.

La contribución de los diferentes países a las respuestas es la siguiente: Argentina 20%, Brasil 13%, Colombia 47%, España 13%, México 5% y Panamá 2% (las respuestas de Portugal no se incluyen en los datos reseñados).

### **Instrumentos**

El proyecto de investigación EANCYT aplica fundamentalmente dos tipos de instrumentos de intervención para la enseñanza y aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y la tecnología: una secuencia didáctica de enseñanza y aprendizaje aplicada por el profesor y instrumentos de evaluación inicial (pre -test) y final (post-test).

Los investigadores del proyecto EANCYT construyeron 65 secuencias de enseñanza aprendizaje distintas, de las cuales se aplicaron como instrumentos de enseñanza a grupos clase de estudiantes 39 secuencias, distribuidas en 88 proyectos, que se tradujeron en 211 codificaciones de aplicaciones en la plataforma destinada a la recogida de datos. Las secuencias de enseñanza aprendizaje son intencionalmente diseñadas breves (seis o siete horas de aplicación en el aula) y específicas, es decir, el tema que se aborda en cada una es concreto y definido, en



lugar de general y difuso.

Para cada secuencia de enseñanza aprendizaje, los investigadores del proyecto EANCYT diseñaron un instrumento de evaluación específico, especialmente dirigido para evaluar el tema concreto planteado en cada secuencia. Las cuestiones del cuestionario de opiniones sobre ciencia tecnología y sociedad (COCTS) designadas para evaluar las distintas secuencias aplicadas corresponden a 82 temas diferentes, aunque la aplicación de algunas de estas cuestiones se repite en distintas secuencias. Esas cuestiones engloban un total de 528 frases, sobre cada una de las cuales los estudiantes valoraron su grado de acuerdo o desacuerdo con ellas. Estas valoraciones son aproximadamente las 234000 respuestas reseñadas, correspondientes a las evaluaciones iniciales y finales de los grupos control y experimental.

### **Procedimiento**

Los procedimientos seguidos para el análisis de los datos globales generados por el proyecto de investigación EANCYT se centran en diagnosticar las concepciones sobre naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT), que traslucen los miles de respuestas recogidos. Además de este diagnóstico global de concepciones, puesto que el proyecto EANCYT trataba de evaluar el efecto el que tenía la enseñanza de temas específicos y concretos de naturaleza de la ciencia y la tecnología a estudiantes de distintas edades, se presenta también un análisis global de los resultados para los grupos de control y experimental, por un lado, y para la evaluación inicial y final, posterior a la enseñanza y el aprendizaje, por otro.

Las diferencias entre distintas situaciones de aprendizaje, control o experimental, evaluación inicial o final, se analizan mediante dos estadísticos diferentes: la probabilidad estadística de las diferencias significativas ( $p < .05$ ) y el tamaño del efecto de las diferencias, estadístico que mide las diferencias entre los promedios en unidades de desviación estándar ( $d$ ). Normalmente, una diferencia estadísticamente significativa ( $0.01 < p < .05$ ) suele corresponder a tamaños del efecto irrelevantes ( $d < .02$ ); tamaños del efecto relevantes ( $d > .30$ ), requerirían probabilidades de significaciones más exigentes ( $p < .01$  o  $p < .001$ ). Por ello, aunque las diferencias estadísticamente significativas son orientativas y muy empleadas en la investigación habitual de las diferencias (y por ello se incluyen en las tablas), decidir diferencias o influencias cuantitativamente relevantes requiere un



criterio más exigente (representado por tamaño del efecto  $d > .30$ ), de modo que el criterio habitual para considerar que el efecto de la mejora en las concepciones por la enseñanza de NdCyT es importante será  $d > .30$ . Valores del tamaño de las diferencias inferiores a este valor no se consideran relevantes, aunque en algún caso puedan ser estadísticamente significativas ( $p < .05$  o  $p < .01$ ).



## Hipótesis y Preguntas de Investigación

Las preguntas de investigación que responde este artículo, con base en los datos globales recopilados del proyecto EANCYT hasta final de 2013, son las siguientes:

¿Cuáles son las concepciones sobre naturaleza de ciencia y tecnología de los estudiantes participantes (evaluados) en el proyecto EANCYT?

¿Los grupos de control son equivalentes a los grupos experimentales seleccionados?

¿La enseñanza de temas de la NdCyT mediante las secuencias didácticas contribuye a mejorar las concepciones de los estudiantes?

Esta última pregunta se desglosa en dos preguntas adicionales y convergentes:

¿Las concepciones finales de los grupos experimentales son mejores que sus concepciones iniciales?

¿Las concepciones de los grupos experimentales son mejores que las concepciones de los grupos de control, al final del proceso?

## Resultados

Los resultados de este análisis global se presentan en dos partes: diagnóstico de las concepciones sobre naturaleza de ciencia y tecnología y análisis de la eficacia de los tratamientos realizados a través de las secuencias de enseñanza y aprendizaje. El diagnóstico se basa en los índices actitudinales construidos para cada frase a partir de las respuestas directas de acuerdo y desacuerdo emitidas por los estudiantes. El análisis de la eficacia de las secuencias se basa en las comparaciones de los resultados entre los grupos control y experimental y entre la evaluación inicial y final.

### Diagnóstico de las Concepciones sobre la Naturaleza de Ciencia y Tecnología

El diagnóstico de las concepciones sobre NdCyT de los participantes en el estudio se basa en el análisis de los índices medios de cada una de las 528 frases que contienen las 82 cuestiones valoradas por los participantes. A partir de los



índices de cada frase se calculan los índices medios de las categorías adecuadas, plausibles e ingenuas de cada cuestión, y el promedio de las categorías produce los índices medios de la cuestión, que son los indicadores globales de las concepciones de los estudiantes. Globalmente, 300 frases evaluadas obtienen una puntuación media negativa, mientras 222 obtienen una media positiva. Aunque este resultado sugiere una cierta tendencia negativa de la evaluación general, si se calcula el promedio global de todas las frases, este es ligeramente positivo ( $m = +.03$ ), indicando que la minoría de las frases con valoraciones positivas tienen magnitudes positivas mayores que la mayoría de frases con promedios negativos.

### *Epistemología del conocimiento científico y tecnológico*

La tabla 1 refleja la puntuación media global de las cuestiones y categorías (adecuadas, plausibles e ingenuas) referidas a la definición y epistemología del conocimiento científico y tecnológico (clave inicial 1 y 9). Las puntuaciones medias totales de estas cuestiones son intermedias, situadas en torno a la posición neutra de cero, con algunas puntuaciones ligeramente positivas y otras ligeramente negativas, próximas a cero. Los índices medios para este mismo grupo de cuestiones (tabla 1) muestran diferencias cualitativas notables entre las tres categorías. Las frases correspondientes a la categoría adecuada tienen índices medios mayoritariamente altos y positivos, con solo algunas excepciones negativas. Por el contrario, las frases correspondientes a la categoría plausible obtienen índices medios principalmente negativos con algunas excepciones de índices medios positivos. Las frases correspondientes a la categoría ingenua obtienen puntuaciones medias de sus índices mayoritariamente próximas a cero con algunas excepciones de valor diferente a cero, tanto positivas como negativas. Estos perfiles de índices medios en las tres categorías sugieren que la obtención de índices medios de cuestión positivos depende principalmente de alcanzar índices mejores en las frases ingenuas y, especialmente, en las frases plausibles.

Tabla 1 – Resultados globales para las cuestiones y categorías sobre la epistemología del conocimiento científico y tecnológico.

CUESTION	Categorías											
	Adecuada			Ingenua			Plausible			Total		
	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica
C10111	1082	,26	,58	1082	,19	,69	2705	,01	,63	4869	,11	,64
C10113	1341	,40	,55	2682	-,20	,56	4023	,07	,64	8046	,03	,63
C10211	834	,22	,61	834	-,30	,59	5004	,00	,66	6672	-,01	,66
C10311	430	,31	,57	1290	-,28	,58	1720	,02	,67	3440	-,06	,66
C10411	786	,22	,60	786	-,11	,64	393	-,07	,73	1965	,03	,66
C10412				153	-,27	,86	204	-,28	,57	357	-,28	,71
C10413	153	,30	,57	102	-,17	,82	102	-,11	,50	357	,05	,67
C10421	430	,37	,59	1720	-,06	,65	1290	-,05	,67	3440	,00	,66
C10431	565	,35	,53	1130	-,32	,53	1130	-,01	,69	2825	-,06	,65
C90111	3810	,23	,58	5715	,04	,63	0			9525	,12	,61
C90211	2108	,19	,59	3162	-,12	,62	2108	,04	,67	7378	,01	,64
C90311	2274	,37	,55	1516	-,37	,52	758	,10	,62	4548	,08	,65
C90411	2132	,27	,53	4264	-,12	,58	2132	,05	,65	8528	,02	,61
C90511	412	-,11	,67	1648	,00	,67	0			2060	-,02	,67
C90521	1327	,21	,58	3981	-,13	,64	1327	-,02	,64	6635	-,04	,64
C90531	46	-1,00	0,00	92	1,00	0,00	138	-1,00	0,00	276	-,33	,94
C90541	412	,20	,65	824	,14	,70	1236	-,06	,70	2472	,05	,70
C90611	290	-,52	,59	2030	-,04	,64	580	-,06	,69	2900	-,09	,66
C90621	2695	,27	,57	5390	-,27	,54	5390	,01	,66	13475	-,05	,63
C90631	1612	,35	,54	2418	-,19	,55	1612	,16	,64	5642	,06	,62
C90641	427	,36	,57	1708	-,09	,59	854	,10	,61	2989	,03	,61
C90651	344	,46	,59	688	-,24	,59	688	-,01	,67	1720	-,01	,67
C90711	348	,21	,57	0			522	,08	,64	870	,13	,62
C90721	174	,19	,57	348	-,17	,61	174	-,06	,63	696	-,05	,62
C90811	1058	,19	,58	1058	-,15	,62	529	,22	,66	2645	,06	,64
C90921	0			1398	-,20	,62	932	,03	,70	2330	-,11	,66
C91011	1216	,23	,59	3648	-,18	,60	2432	,13	,61	7296	-,01	,63
C91111	161	,47	,45	483	-,25	,56	161	,13	,63	805	-,03	,62
C91121	1442	,28	,59	1442	-,09	,59	4326	,10	,62	7210	,09	,62

Todas estas cuestiones, que alcanzan las puntuaciones globales más altas, aunque cómo se observa en la tabla son relativamente modestas, presentan un patrón muy semejante: un índice alto en la categoría adecuada, pero índices más bajos y negativos en las otras dos categorías (ingenuas y plausibles). Este patrón sugiere que los estudiantes son capaces de identificar la idea adecuada principal sobre la cuestión, pero tienen enormes dificultades para percibir la posición diferente, cuando no opuesta a la idea adecuada, de las otras dos categorías. En cierto modo, parece como si estas respuestas contradictorias de los estudiantes sugiriesen que éstos no aprecian la oposición o contradicción entre las diferentes frases y



posiciones de cada cuestión. Esta deficiente percepción se podría plantear como una simple cuestión lógica, es decir, activando razonamientos lógicos del tipo "si estoy de acuerdo con A, no puedo estar de acuerdo con la negación de A" y no como una cuestión de conocimientos clave. Los estudiantes parecen no activar este repertorio de pensamiento lógico y reflexivo cuando responden estas cuestiones.

Las cuestiones como un índice medio global más bajo corresponden a los siguientes temas (por orden creciente del índice):

C90531 Como reacción a la ecuación de Einstein,  $E = m \cdot c^2$ , los científicos dijeron "Una ecuación tan maravillosamente elegante tiene que ser una descripción verdadera de la naturaleza". Esta afirmación muestra que los científicos suponen que sus ecuaciones o ideas deberían encajar con la elegancia de la naturaleza.

C10412 ¿La ciencia influye en la tecnología?

C90921 La ciencia descansa sobre el supuesto que el mundo natural no puede ser alterado por un ser sobrenatural (por ejemplo, un dios).

C90611 Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:

C10311 Ciencia y tecnología son muy importantes para la investigación y el desarrollo (I + D) de la industria del país. ¿Que significado tiene para ti "investigación y desarrollo" (I + D)?

C10431 Los tecnólogos tienen un cuerpo propio de conocimientos en el que se basan. Pocos desarrollos tecnológicos se han obtenido directamente de descubrimientos hechos en ciencia.

En este conjunto de cuestiones con las puntuaciones más negativas, no se percibe un patrón definido, pues la tendencia es tener puntuaciones bajas y negativas en las tres categorías. Sin embargo en las cuestiones 10311 y 10431 aún es perceptible el patrón de buena puntuación en la categoría adecuada y más bajas puntuaciones en las otras dos categorías.

### *Sociología externa del conocimiento científico y tecnológico*

La tabla 2 resume los índices medios de las cuestiones y las categorías referidas a los temas sobre la sociología externa del conocimiento científico y tecnológico, es decir, los temas relativos a las relaciones entre la ciencia, la

tecnología y la sociedad. Las puntuaciones medias totales de estas cuestiones son mayoritariamente positivas, aunque hay muchas cuestiones con puntuaciones intermedias, situadas en torno a la posición neutra de cero. Los índices medios entre las tres categorías (tabla 2) muestran diferencias notables entre ellas. Las frases correspondientes a la categoría adecuadas tienen índices medios muy positivos, con sólo una excepción (muy negativa). Por el contrario, las frases correspondientes a la categoría plausible obtienen índices medios principalmente negativos con muy pocas excepciones de índices medios positivos. Las frases correspondientes a la categoría ingenua obtienen puntuaciones medias de sus índices mayoritariamente negativas o próximas a cero. Estos perfiles sugieren que la obtención de índices medios de cuestión positivos depende principalmente de alcanzar índices mejores en las frases ingenuas y, especialmente, en las frases plausibles.

Tabla 2 – Resultados globales para las cuestiones y categorías sobre sociología externa del conocimiento científico y tecnológico.

CUESTION	Categorías											
	Adecuada			Ingenua			Plausible			Total		
	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica
C20141	12	,35	,75	12	,69	,50	6	-,50	,39	30	,32	,73
C20151	9	,53	,68	9	,92	,18	3	-,33	,63	21	,57	,64
C20211	169	,53	,52	169	-,14	,57	845	-,10	,67	1183	-,02	,67
C20411				1060	-,31	,60	2650	,07	,66	3710	-,04	,66
C20511	347	,66	,38	1388	,16	,64	1041	-,09	,63	2776	,13	,65
C20521	347	,65	,41	347	,01	,64	1041	-,14	,65	1735	,05	,68
C20611	295	,12	,56	590	-,14	,61	1475	,08	,71	2360	,03	,68
C20811	126	,22	,55	126	,55	,57	630	,02	,60	882	,12	,62
C20821	162	,19	,57	108	-,06	,68	108	-,20	,44	378	,01	,59
C30111	750	,39	,56	1875	,15	,66	0			2625	,22	,64
C40111	584	,33	,60	876	-,12	,64	876	,00	,69	2336	,04	,67
C40142				192	-,34	,66	480	-,05	,66	672	-,14	,68
C40221	292	,47	,49	876	-,08	,66	584	-,06	,72	1752	,02	,68
C40311	318	,27	,54	636	-,18	,60	1590	-,01	,68	2544	-,02	,65
C40421	1268	,21	,62	634	-,22	,55	2536	,02	,64	4438	,04	,64
C40431	558	,17	,57	837	-,15	,65	0			1395	-,02	,64
C40441	206	,51	,56	618	-,16	,61	206	,11	,66	1030	,03	,67
C40511	288	,61	,46	96	,21	,54	96	-,34	,65	480	,34	,64
C40521	209	-,02	,64	418	-,29	,55	627	,09	,60	1254	-,06	,62
C40531	438	,18	,65	438	-,14	,63	438	-,10	,66	1314	-,02	,66
C40711	287	,39	,55	287	-,34	,55	1148	-,01	,63	1722	,00	,64
C40811	162	,28	,58	162	,23	,71	324	-,05	,69	648	,10	,69
C40821				861	-,10	,70	1148	-,01	,65	2009	-,05	,67
C50111	127	,56	,57	127	,26	,60	381	,06	,59	635	,20	,62
C50211	317	,16	,60	1268	-,22	,55	634	,03	,67	2219	-,09	,61
C50311	317	-,22	,64	317	-,11	,57	1902	,07	,64	2536	,01	,64

Las cuestiones con mejor índice global corresponden a los siguientes temas



(en orden creciente del índice global medio):

C20811 ¿La sociedad influye en la tecnología?

C20511 El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de tener buenos científicos, ingenieros y técnicos. Por tanto, el país necesita que los alumnos estudien más ciencias en la escuela.

C50111 Parece que existen dos clases de personas, las que entienden de ciencias y las que entienden de letras (por ejemplo, literatura, historia, economía, leyes). Pero si todos estudiaran más ciencias, entonces todos las comprenderían.

C30111 ¿Cuál de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad?

C20141 La política de un país afecta a sus científicos ya que éstos son una parte de la sociedad (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).

C40511 Cuanto más se desarrollen la ciencia y la tecnología en nuestro país más rico llegará a ser.

C20151 La política de nuestro país afecta a sus científicos ya que éstos son una parte de la sociedad del país (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).

Las cuestiones como un índice medio global más bajo corresponden a los siguientes temas (por orden creciente del índice):

C40142 Cuando los ingenieros descubren lo que podría ser una idea o un producto peligroso en su trabajo, informan realmente a las autoridades públicas, incluso si ello les puede suponer la pérdida de su trabajo o ser degradados.

C50211 Las clases de ciencias me han dado confianza para resolver cosas y decidir si algo (por ejemplo, un anuncio) es verdad o no. Gracias a las clases de ciencias he llegado a ser un mejor consumidor.

En las cuestiones que alcanzan las puntuaciones globales más altas y bajas se repite el patrón señalado anteriormente: índice alto en la categoría adecuada, pero índices más bajos y negativos en las otras dos categorías (ingenuas y plausibles), que sugiere que los estudiantes identifican la idea adecuada principal sobre la cuestión, pero tienen dificultades lógicas para percibir el valor menor, cuando no opuesto a la idea adecuada, de las frases y de las otras dos categorías.

*Sociología interna del conocimiento científico y tecnológico*

La tabla 3 resume los índices medios de las cuestiones y las categorías referidas a los temas sobre la sociología interna del conocimiento científico y tecnológico, es decir, los temas relativos a las características de los científicos y la construcción social del conocimiento científico y tecnológico (clave de cuestión iniciada por los números 6, 7 y 8). Las puntuaciones medias totales de estas cuestiones son mayoritariamente neutrales, pues están distribuidas en torno a la puntuación de cero, aunque hay algunas excepciones positivas y negativas, que se destacan como las puntuaciones más altas y más bajas en este grupo.

Tabla 3 – Resultados globales para las cuestiones y categorías sobre la sociología interna del conocimiento científico y tecnológico.

CUESTION	Categorías											
	Adecuada			Ingenua			Plausible			Total		
	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica
C60111	756	,30	,62	1134	,13	,69	1134	,01	,65	3024	,12	,67
C60211	787	,44	,56	1574	-,22	,56	2361	,14	,65	4722	,07	,65
C60221	323	,24	,55	646	-,08	,60	969	,05	,61	1938	,04	,61
C60222	389	,10	,58	1556	-,12	,56	778	,12	,64	2723	-,02	,60
C60226	756	,40	,58	1134	,01	,65	756	,13	,62	2646	,15	,64
C60311	292	,07	,66	292	-,46	,58	584	-,01	,73	1168	-,10	,71
C60411	258	,16	,53	86	-,01	,54	86	,12	,55	430	,12	,54
C60421	85	,08	,56	170	-,08	,56	85	,15	,62	340	,02	,58
C60511	275	,22	,60	550	-,41	,76	1925	-,05	,68	2750	-,09	,71
C60521	550	,02	,61	550	-,29	,61	1375	-,12	,70	2475	-,12	,67
C60531	275	-,06	,59	550	-,10	,64	1375	,09	,64	2200	,03	,64
C60611	1100	-,18	,54	825	,03	,64	275	-,15	,69	2200	-,10	,61
C70111				170	-,14	,58	340	,16	,55	510	,06	,58
C70121	170	,05	,54	170	-,16	,57	255	,15	,53	595	,03	,56
C70211	265	,11	,59	530	-,17	,53	1060	,15	,60	1855	,05	,60
C70221	2274	,23	,59	2274	-,16	,58	1137	-,05	,71	5685	,02	,63
C70231	563	,42	,52	2252	-,08	,65	563	,13	,61	3378	,04	,65
C70311	292	,42	,55	584	-,15	,68	1168	,15	,65	2044	,10	,67
C70411	293	,47	,54	293	-,03	,68	879	,20	,63	1465	,21	,64
C70511				3	1,00	0,00	12	-,21	,86	15	,03	,91
C70611	2272	,18	,58	3408	-,22	,54	1136	,14	,60	6816	-,02	,60
C70621	771	,25	,50	771	-,08	,64	2313	,13	,61	3855	,11	,61
C70711	438	,10	,58	438	-,07	,58	438	,15	,56	1314	,06	,58
C80111	873	,15	,61	582	-,17	,67	1164	,04	,62	2619	,03	,64
C80121	666	,21	,57	666	-,20	,58	222	,06	,70	1554	,01	,62
C80131	1212	,41	,53	404	-,26	,56	404	,03	,63	2020	,20	,62
C80211	418	,23	,55	209	-,17	,61	836	,06	,62	1463	,08	,61



Los índices medios entre las tres categorías (tabla 2) muestran diferencias notables. Las frases correspondientes a la categoría adecuada tienen todos índices medios positivos y las frases correspondientes a la categoría plausible obtienen índices medios principalmente positivos, con algunas excepciones de índices medios negativos. Las frases correspondientes a la categoría ingenua obtienen puntuaciones medias de sus índices mayoritariamente negativas o próximas a cero. Estos perfiles sugieren que los estudiantes sostienen ideas bastante ingenuas sobre la comunidad científica, de modo que la obtención de índices medios de cuestión positivos en este tenor depende principalmente de alcanzar índices mejores en las frases ingenuas.

Las cuestiones con mejor índice global corresponden a los siguientes temas (en orden creciente del índice global medio):

C70311 Los científicos publican sus descubrimientos en revistas científicas. Lo hacen principalmente para alcanzar credibilidad a los ojos de otros científicos y de las instituciones que les dan apoyo económico, y por tanto, las publicaciones les ayudan a avanzar en sus carreras personales.

C70621 Algunos científicos brillantes como Einstein tienen una manera personal y peculiar de ver las cosas. Estos puntos de vista creativos determinan cómo interpretan las cosas otros científicos en el mismo campo.

C60411 Los científicos no tienen prácticamente vida familiar o social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo.

C60111 La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse muchos en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es:

C60226 Los científicos son honrados en su trabajo de investigación (por ejemplo, cuando escriben un informe de investigación).

C80131 Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una medicina nueva para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensen las desventajas.

C70411 Los científicos compiten por obtener ayudas económicas para la investigación y por quién será el primero en hacer un descubrimiento. A veces, esta competencia feroz hace que los científicos actúen en secreto, robando las ideas de otros científicos, y presionando por dinero. En otras palabras, a veces los científicos ignoran los ideales o las reglas de la ciencia (tales como compartir los resultados, la



honradez, la independencia, etc.).

Las cuestiones con un índice global medio más bajo corresponden a los siguientes temas (en orden creciente del índice medio):

C60521 Trabajando en ciencia o tecnología, una buena científica mujer realizaría el trabajo básicamente de la misma manera que un buen científico hombre.

C60311 Las creencias religiosas de un científico no producen diferencias sobre los descubrimientos científicos que hace.

C60611 Hoy día, en nuestro país, hay muchos más científicos que científicas. La PRINCIPAL razón de esto es:

C60511 Hoy día hay muchas más mujeres científicas de las que solía haber. Esto originará diferencias en los descubrimientos científicos que se hagan; los descubrimientos realizados por mujeres tenderán a ser diferentes que los hechos por los hombres.

En este conjunto de cuestiones sobre la comunidad científica con las puntuaciones más negativas, se percibe un patrón de tendencia a tener puntuaciones bajas y negativas principalmente en las categorías ingenuas y plausibles. Sin embargo en las cuestiones 60511 y 60521 aún es perceptible el patrón de buena puntuación en la categoría adecuada y bajas puntuaciones en las otras dos categorías.

### **La Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología: Influencia sobre las Concepciones**

En este apartado se exponen los resultados relativos a la evaluación de la influencia de la enseñanza de la NdCyT mediante las secuencias de enseñanza y aprendizaje aplicadas. El diseño experimental para valorar esta influencia contempla el uso de un grupo experimental (al cual se aplica la secuencia de enseñanza) y un grupo control (que no recibe enseñanza explícita sobre el tema enseñado al grupo experimental); ambos grupos son ciegos respecto a la experiencia y respecto a la evaluación inicial (previa a la enseñanza con la secuencia en el grupo experimental) y a la evaluación final (posterior a la enseñanza) aplicadas paralelamente a ambos grupos.

La cuestión de investigación que se trata de responder aquí se refiere a la



cualidad y a la magnitud de la influencia de la enseñanza para mejorar las concepciones de los estudiantes, evaluada mediante un instrumento de evaluación diseñado específicamente para cada secuencia, aplicado antes y después de la enseñanza específica con la secuencia. La cualidad de la influencia trata de identificar aquellos aspectos cualitativos que son mejorados por la intervención didáctica con la secuencia; la magnitud de la influencia se refiere a identificar aquellos aspectos que presentan las magnitudes de los cambios más relevantes (tamaño del efecto  $d > .30$ ). El procedimiento identifica aquellos aspectos cuya magnitud es más relevante, mediante el valor del tamaño del efecto, de modo que el criterio de la magnitud relevante del efecto estadístico permite identificar la cualidad de las concepciones mejoradas por la enseñanza. Para determinar las concepciones mejoradas por la enseñanza se aplican dos criterios principales: la comparación en el grupo experimental entre la evaluación inicial y final y la comparación de la evaluación final entre el grupo control y el grupo experimental.

Además, como cuestión previa, se analizan globalmente la validez de los grupos de control elegidos para la investigación, es decir, se verifica que los grupos de control sean inicial y esencialmente equivalentes a los grupos experimentales. Para determinar esta equivalencia se compara la evaluación inicial entre el grupo control y el grupo experimental.

Los resultados de las comparaciones relativas a la influencia de la enseñanza y a la equivalencia entre los grupos control y experimental están reflejados en la tabla 4, cuyo diseño contiene los resultados del grupo control y del grupo experimental anidados para la evaluación inicial (pre-test) y la evaluación final (post-test), junto con la expresión de las diferencias estadísticamente significativas mediante subíndices diferentes.

Los tamaños del efecto para todas las cuestiones se han computado con los datos (media y desviación estándar) de la tabla 4, sobre las diferentes comparaciones requeridas para contrastar las hipótesis del estudio tanto sobre la influencia de la enseñanza como sobre la equivalencia entre los grupos control y experimental.



Tabla 4 – Resultados globales de los índices medios para todas las cuestiones según los grupos control y experimental y la evaluación inicial (pre-test) y (post-test).

CUESTION	Control						Experimental					
	Pre-test			Post-test			Pre-test			Post-test		
	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica	N	Media	Desviación típica
C10111	990	,04 <sub>a</sub>	,66	378	,13 <sub>b</sub>	,58	2421	,11 <sub>a</sub>	,65	612	,15 <sub>a</sub>	,66
C10113	1632	-,03 <sub>a</sub>	,64	1320	,02 <sub>b</sub>	,61	1986	,00 <sub>a</sub>	,64	1080	,06 <sub>b</sub>	,64
C10211	1056	-,02 <sub>a</sub>	,69	760	,04 <sub>a</sub>	,68	3408	-,01 <sub>a</sub>	,66	1448	-,01 <sub>a</sub>	,64
C10311	632	-,12 <sub>a</sub>	,66	312	-,02 <sub>b</sub>	,60	2120	-,06 <sub>a</sub>	,66	376	-,03 <sub>a</sub>	,65
C10411	370	,04 <sub>a</sub>	,63	335	,12 <sub>a</sub>	,61	755	,00 <sub>a</sub>	,69	505	,01 <sub>a</sub>	,67
C10412							175	-,19 <sub>a</sub>	,72	182	-,36 <sub>b</sub>	,70
C10413							175	-,13 <sub>a</sub>	,59	182	,22 <sub>b</sub>	,70
C10421	632	-,01 <sub>a</sub>	,67	312	,04 <sub>a</sub>	,62	2120	-,02 <sub>a</sub>	,67	376	,04 <sub>a</sub>	,64
C10431	450	-,13 <sub>a</sub>	,67	480	-,05 <sub>a</sub>	,65	1090	-,05 <sub>a</sub>	,65	805	-,04 <sub>a</sub>	,63
C20141							30	,32 <sup>1</sup>	,73			
C20151							21	,57 <sup>1</sup>	,64			
C20211	294	-,05 <sub>a</sub>	,72	224	-,01 <sub>a</sub>	,66	308	,01 <sub>a</sub>	,67	357	-,01 <sub>a</sub>	,65
C20411	581	-,03 <sub>a</sub>	,69	154	,01 <sub>a</sub>	,63	1358	-,03 <sub>a</sub>	,65	742	-,04 <sub>a</sub>	,65
C20511	280	,06 <sub>a</sub>	,73	792	,22 <sub>b</sub>	,63	784	,12 <sub>a</sub>	,62	520	,02 <sub>b</sub>	,64
C20521	175	-,03 <sub>a</sub>	,72	495	,13 <sub>b</sub>	,60	490	,05 <sub>a</sub>	,69	325	-,04 <sub>a</sub>	,76
C20611	488	-,01 <sup>1</sup>	,69				520	,05 <sub>a</sub>	,67	480	,08 <sub>a</sub>	,65
C20811	98	,09 <sub>a</sub>	,58	98	,21 <sub>a</sub>	,51	392	,15 <sub>a</sub>	,62	294	,07 <sub>a</sub>	,65
C20821							196	-,03 <sub>a</sub>	,53	182	,05 <sub>a</sub>	,65
C30111	406	,17 <sub>a</sub>	,64	336	,21 <sub>a</sub>	,56	896	,23 <sub>a</sub>	,66	987	,22 <sub>a</sub>	,65
C40111	488	,00	,70				496	,03 <sub>a</sub>	,66	480	,09 <sub>a</sub>	,66
C40142	245	-,19 <sub>a</sub>	,67	175	-,06 <sub>b</sub>	,67	98	-,19 <sub>a</sub>	,68	154	-,10 <sub>a</sub>	,68
C40221	366	,05 <sup>1</sup>	,70				372	,03 <sub>a</sub>	,68	360	-,04 <sub>a</sub>	,67
C40311	520	-,04 <sub>a</sub>	,68	544	-,07 <sub>a</sub>	,67	728	,03 <sub>a</sub>	,64	752	-,02 <sub>a</sub>	,64
C40421	868	,08 <sub>a</sub>	,63	301	,06 <sub>a</sub>	,62	2072	,05 <sub>a</sub>	,63	847	,04 <sub>a</sub>	,64
C40431	385	-,03 <sub>a</sub>	,65	65	-,03 <sub>a</sub>	,61	525	-,01 <sub>a</sub>	,64	170	-,03 <sub>a</sub>	,61
C40441	385	,03 <sup>1</sup>	,67				525	,01 <sub>a</sub>	,68	120	,11 <sub>a</sub>	,60
C40511	175	,40 <sub>a</sub>	,62	125	,22 <sub>b</sub>	,68	70	,41 <sub>a</sub>	,60	110	,32 <sub>a</sub>	,62
C40521	294	-,04 <sub>a</sub>	,63	234	-,03 <sub>a</sub>	,62	342	-,07 <sub>a</sub>	,62	384	-,07 <sub>a</sub>	,60
C40531	294	-,03 <sub>a</sub>	,68	234	,05 <sub>a</sub>	,64	402	-,04 <sub>a</sub>	,67	384	-,03 <sub>a</sub>	,66
C40711	588	-,01 <sub>a</sub>	,66	36	,06 <sub>a</sub>	,64	846	,00 <sub>a</sub>	,63	282	-,01 <sub>a</sub>	,65
C40811	128	,03 <sub>a</sub>	,72	48	,19 <sub>a</sub>	,63	288	,08 <sub>a</sub>	,70	184	,16 <sub>a</sub>	,66
C40821	651	-,02 <sub>a</sub>	,68	42	,05 <sub>a</sub>	,65	987	-,04 <sub>a</sub>	,67	329	-,14 <sub>b</sub>	,66
C50111				305	,20 <sup>1</sup>	,61	295	,20 <sub>a</sub>	,63	35	,09 <sub>a</sub>	,60
C50211	539	-,10 <sub>a</sub>	,62	427	-,12 <sub>a</sub>	,55	1085	-,06 <sub>a</sub>	,62	168	-,19 <sub>b</sub>	,65
C50311	616	-,06 <sub>a</sub>	,67	488	,14 <sub>b</sub>	,58	1240	,02 <sub>a</sub>	,63	192	-,10 <sub>b</sub>	,69
C60111	592	,01 <sub>a</sub>	,66	584	,00 <sub>a</sub>	,67	856	-,04 <sub>a</sub>	,70	896	,45 <sub>b</sub>	,51
C60211	1026	,08 <sub>a</sub>	,68	924	,09 <sub>a</sub>	,63	648	,12 <sub>a</sub>	,67	654	,09 <sub>a</sub>	,64
C60221	768	,03 <sub>a</sub>	,61	600	,04 <sub>a</sub>	,56	360	-,02 <sub>a</sub>	,65	210	,16 <sub>b</sub>	,64
C60222	245	-,05 <sub>a</sub>	,64	203	,08 <sub>b</sub>	,57	1435	-,03 <sub>a</sub>	,62	756	-,02 <sub>a</sub>	,55
C60226	518	,03 <sub>a</sub>	,64	511	,01 <sub>a</sub>	,65	749	-,03 <sub>a</sub>	,66	784	,50 <sub>b</sub>	,47
C60311	244	-,16 <sup>1</sup>	,71				248	-,02 <sub>a</sub>	,69	240	-,10 <sub>a</sub>	,70
C60411	5	-,60 <sup>1</sup>	,89				170	,15 <sub>a</sub>	,60	195	,09 <sub>a</sub>	,46
C60421							136	-,08 <sub>a</sub>	,64	156	,14 <sub>b</sub>	,48
C60511	560	-,16 <sub>a</sub>	,71	560	-,12 <sub>a</sub>	,68	1100	-,05 <sub>a</sub>	,74	530	-,09 <sub>a</sub>	,68
C60521	504	-,18 <sub>a</sub>	,63	504	-,19 <sub>a</sub>	,61	990	-,07 <sub>a</sub>	,71	477	-,10 <sub>a</sub>	,66
C60531	448	-,01 <sub>a</sub>	,62	448	,12 <sub>b</sub>	,61	880	-,02 <sub>a</sub>	,68	424	,05 <sub>a</sub>	,61
C60611	448	-,19 <sub>a</sub>	,57	448	-,04 <sub>b</sub>	,58	880	-,05 <sub>a</sub>	,65	424	-,15 <sub>b</sub>	,57
C70111							204	-,02 <sub>a</sub>	,62	234	,20 <sub>b</sub>	,51
C70121							238	,05 <sub>a</sub>	,61	273	,07 <sub>a</sub>	,48
C70211	231	-,03 <sub>a</sub>	,62	229	,08 <sub>a</sub>	,63	924	,05 <sub>a</sub>	,60	359	,06 <sub>a</sub>	,58
C70221	1065	,02 <sub>a</sub>	,62	1290	,03 <sub>a</sub>	,62	575	,00 <sub>a</sub>	,65	960	,05 <sub>a</sub>	,64
C70231	648	-,10 <sub>a</sub>	,66	576	-,12 <sub>a</sub>	,63	1278	-,05 <sub>a</sub>	,62	780	,40 <sub>b</sub>	,57
C70311	511	-,08 <sub>a</sub>	,64	511	-,03 <sub>a</sub>	,62	511	-,16 <sub>a</sub>	,66	511	,68 <sub>b</sub>	,33
C70411	370	,04 <sub>a</sub>	,67	365	,10 <sub>a</sub>	,63	365	,07 <sub>a</sub>	,68	365	,62 <sub>b</sub>	,32
C70511							15	,03	,91			
C70611	1272	-,02 <sub>a</sub>	,59	1548	-,03 <sub>a</sub>	,59	690	-,03 <sub>a</sub>	,59	1152	,00 <sub>a</sub>	,62
C70621	855	,06 <sub>a</sub>	,61	770	,10 <sub>a</sub>	,60	495	,10 <sub>a</sub>	,59	510	,20 <sub>b</sub>	,60
C70711	132	,02 <sub>a</sub>	,61	132	,03 <sub>a</sub>	,59	720	,05 <sub>a</sub>	,57	234	,04 <sub>a</sub>	,58
C80111	270	-,02 <sub>a</sub>	,67	387	,04 <sub>a</sub>	,65	882	,01 <sub>a</sub>	,65	1080	,05 <sub>a</sub>	,63
C80121	210	-,01 <sub>a</sub>	,63	301	-,05 <sub>a</sub>	,64	539	,07 <sub>a</sub>	,59	504	,00 <sub>a</sub>	,63
C80131	220	,20 <sub>a</sub>	,67	285	,14 <sub>a</sub>	,65	705	,19 <sub>a</sub>	,61	810	,23 <sub>a</sub>	,61
C80211	343	,06 <sub>a</sub>	,62	273	,11 <sub>a</sub>	,59	399	,09 <sub>a</sub>	,62	448	,06 <sub>a</sub>	,60
C90111	1160	,09 <sub>a</sub>	,60	1300	,07 <sub>a</sub>	,64	3310	,15 <sub>a</sub>	,62	2365	,09 <sub>b</sub>	,58
C90211	1267	-,03 <sub>a</sub>	,64	1197	-,01 <sub>a</sub>	,60	2282	,03 <sub>a</sub>	,64	1799	,05 <sub>a</sub>	,64
C90311	912	,09 <sub>a</sub>	,65	882	,05 <sub>a</sub>	,62	1248	,07 <sub>a</sub>	,65	1092	,06 <sub>a</sub>	,64
C90411	1024	,00 <sub>a</sub>	,61	1136	,01 <sub>a</sub>	,57	3136	,01 <sub>a</sub>	,63	2056	,01 <sub>a</sub>	,58
C90511	265	,06 <sub>a</sub>	,71	575	-,03 <sub>a</sub>	,67	140	,32 <sub>a</sub>	,83	510	-,02 <sub>b</sub>	,70
C90521	825	-,07 <sub>a</sub>	,64	660	-,01 <sub>a</sub>	,66	3095	-,06 <sub>a</sub>	,65	1700	-,01 <sub>b</sub>	,60
C90531	66	-,33 <sub>a</sub>	,95	66	-,33 <sub>a</sub>	,95	72	-,33 <sub>a</sub>	,95	72	-,33 <sub>a</sub>	,95
C90541	318	,00 <sub>a</sub>	,74	690	,05 <sub>a</sub>	,69	168	-,10 <sub>a</sub>	,90	612	,05 <sub>b</sub>	,69



C90611	500	-,16 <sub>a</sub>	,70	140	-,08 <sub>a</sub>	,61	500	-,09 <sub>a</sub>	,66	310	-,05 <sub>a</sub>	,62
C90621	2110	-,09 <sub>a</sub>	,64	1595	-,03 <sub>b</sub>	,59	4735	-,04 <sub>a</sub>	,64	2740	,00 <sub>b</sub>	,61
C90631	959	,04 <sub>a</sub>	,63	595	,02 <sub>a</sub>	,58	1967	,05 <sub>a</sub>	,64	1106	,10 <sub>b</sub>	,58
C90641	490	,02 <sub>a</sub>	,63	210	,15 <sub>b</sub>	,56	1442	,00 <sub>a</sub>	,63	483	,02 <sub>a</sub>	,60
C90651	345	-,06 <sub>a</sub>	,69	170	-,13 <sub>a</sub>	,71	755	-,02 <sub>a</sub>	,67	190	,10 <sub>b</sub>	,62
C90711	110	,22 <sub>a</sub>	,56	110	,10 <sub>a</sub>	,65	520	,12 <sub>a</sub>	,62	130	,12 <sub>a</sub>	,65
C90721	88	-,20 <sub>a</sub>	,65	88	-,08 <sub>a</sub>	,66	416	-,05 <sub>a</sub>	,62	104	,06 <sub>a</sub>	,58
C90811	345	,05 <sub>a</sub>	,61	260	,02 <sub>a</sub>	,66	1475	,07 <sub>a</sub>	,64	565	,08 <sub>a</sub>	,62
C90921	415	-,15 <sub>a</sub>	,67	110	-,14 <sub>a</sub>	,62	830	-,06 <sub>a</sub>	,66	430	-,08 <sub>a</sub>	,65
C91011	924	-,03 <sub>a</sub>	,61	690	,05 <sub>b</sub>	,61	3636	-,02 <sub>a</sub>	,63	1536	,03 <sub>b</sub>	,61
C91111	210	-,05 <sub>a</sub>	,63	235	-,02 <sub>a</sub>	,61	195	-,11 <sub>a</sub>	,65	165	,08 <sub>b</sub>	,59
C91121	980	,13 <sub>a</sub>	,60	840	,11 <sub>a</sub>	,58	3230	,07 <sub>a</sub>	,64	1805	,11 <sub>b</sub>	,59

Nota: Los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en  $p < ,05$  en la prueba de igualdad bilateral de medias de las columnas. Las casillas sin subíndices no se incluyen en la prueba. Las pruebas asumen varianzas iguales.

### *Comparaciones y equivalencias del grupo control*

La comparación en el grupo control a través de los tamaños del efecto de las diferencias entre la evaluación inicial y final muestra que ninguna de las cuestiones alcanza un tamaño del efecto positivo que supere el criterio de la relevancia ( $d > ,30$ ) en este grupo. La mayor mejora del grupo control ( $d = ,23$ ) se alcanza en la cuestión C50311 (Los documentales científicos de TV ... dan una imagen más exacta de lo que es realmente la ciencia, en comparación con la imagen que ofrecen las clases de ciencias). Este resultado global confirma la hipótesis implícita previa del diseño experimental que espera que los grupos de control no muestren mejoras significativas en las concepciones sobre NdCyT, puesto que no han recibido la enseñanza específica para ello.

Globalmente, la equivalencia entre los grupos control y los grupos experimentales se ha contrastado calculando el tamaño del efecto de las diferencias entre ambos grupos, sobre las puntuaciones de índices medios en la evaluación inicial (pre-test), cuando el grupo experimental aún no ha recibido la enseñanza explícita sobre NdCyT y ambos grupos deben estar equiparados y ser equivalentes. Todos los valores del tamaño del efecto de estas diferencias iniciales entre el grupo control y el grupo experimental son inferiores al criterio de relevancia, con excepción de uno correspondiente a la cuestión C60411 (Los científicos no tienen prácticamente vida familiar o social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo). Sin embargo, en esta cuestión se observa que el grupo control está formado sólo por cinco personas, una muestra que resulta escasamente representativa, y que por ello puede dar lugar a un sesgo importante en sus valoraciones, que convierte el resultado de esta comparación en poco fiable, por lo cual se considera que no afecta a la valoración positiva de la equivalencia entre los grupos control y experimental. Además, obviamente, que en contra de esta



excepción se encuentra todo el resto de las decenas de cuestiones cuyas comparaciones no son relevantes y que confirman la hipótesis de la equivalencia entre los grupos control y experimental.

*Comparaciones para verificar la eficacia de la enseñanza en los grupos experimentales*

La eficacia de la enseñanza impartida a través de las secuencias didácticas para mejorar las concepciones de NdCyT se verifica mediante dos contrastes estadísticos: la comparación entre la evaluación inicial y final de los grupos experimentales y la comparación de las puntuaciones logradas en la evaluación final entre el grupo control y el grupo experimental. Ambas comparaciones tratan de responder las siguientes preguntas de investigación: ¿mejoran las concepciones en el grupo experimental como consecuencia de la enseñanza entre inicial y final? y ¿al final, el grupo experimental sostiene mejores concepciones que el grupo control?

El promedio global del tamaño del efecto para las diferencias entre el grupo experimental y control en la evaluación final es positiva (+.044). La comparación en la evaluación final entre el grupo experimental y control muestra 43 temas y cuestiones donde las concepciones de los estudiantes manifiestan diferencias positivas que corresponden a mejoras (mejor el grupo experimental que el control). Pero también hay un número menor de cuestiones (24) donde la diferencia es inversa (mejor el grupo control que el experimental). Otras cuestiones (15) no han sido evaluadas por falta de datos en uno de los componentes.

No obstante, cabe precisar que la mayoría de las diferencias encontradas no son relevantes ( $d < .30$ ), aunque bastantes son estadísticamente significativas. En particular, ninguna de las 24 cuestiones donde el grupo control logra un índice medio mejor que el grupo experimental (no corresponden a una mejora) alcanza una diferencia relevante (en las 24 cuestiones  $d < .30$ ). Sin embargo, cinco cuestiones de las 33 cuestiones donde el grupo experimental logra mejores resultados que el grupo control (mejora de las concepciones de NdCyT) alcanzan unas diferencias relevantes ( $d > .30$ ). Estas cinco cuestiones donde el grupo experimental mejora mucho respecto al grupo control son las siguientes (en orden de diferencias crecientes):

C60111 La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse muchos en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es:



C70231 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Toman esta decisión por consenso; esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para que crean en la nueva teoría.

C60226 Los científicos son honrados en su trabajo de investigación (por ejemplo, cuando escriben un informe de investigación).

C70411 Los científicos compiten por obtener ayudas económicas para la investigación y por quién será el primero en hacer un descubrimiento. A veces, esta competencia feroz hace que los científicos actúen en secreto, robando las ideas de otros científicos, y presionando por dinero. En otras palabras, a veces los científicos ignoran los ideales o las reglas de la ciencia (tales como compartir los resultados, la honradez, la independencia, etc.).

C70311 Los científicos publican sus descubrimientos en revistas científicas. Lo hacen principalmente para alcanzar credibilidad a los ojos de otros científicos y de las instituciones que les dan apoyo económico, y por tanto, las publicaciones les ayudan a avanzar en sus carreras personales.

En suma, la eficacia de las secuencias de enseñanza para mejorar las concepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto al grupo control se justifica porque el primero mejora sus concepciones en mayor número de cuestiones (43) que el segundo (24) y, además, la intensidad del grado de mejora del grupo experimental es mayor que la del grupo de control; en particular, ninguna cuestión donde el grupo control mejora respecto al grupo experimental alcanza el nivel umbral del tamaño del efecto relevante (todas  $d < .30$ ), mientras el grupo experimental supera el nivel umbral del tamaño del efecto relevante para las diferencias sobre el grupo control en seis cuestiones ( $d < .30$ ) pertenecientes a la dimensión social e institucional de la comunidad científica.

La comparación entre la evaluación inicial y final del grupo experimental muestra un promedio global del tamaño del efecto para las diferencias positiva (+.059). Además, esta comparación presenta una mayoría de 49 cuestiones donde las concepciones de los estudiantes presentan diferencias positivas de mejora, pero también otras cuestiones (30) donde los estudiantes no alcanzan esa mejora. La mayoría (49) de los estadísticos del tamaño del efecto de las diferencias son positivos, para las 79 cuestiones evaluadas, es decir, los grupos experimentales obtienen índices medios finales mejores que los iniciales en 49 cuestiones. No



obstante, cabe precisar que la mayoría de estas diferencias positivas no son relevantes ( $d < .30$ ), aunque bastantes son estadísticamente significativas. Ninguna de las cuestiones que no mejoran (diferencias observadas negativas) presenta diferencias relevantes.

Tabla 5 – Resultados globales del tamaño del efecto de las diferencias entre el grupo control y el grupo experimental y entre el pre test y el post test para todas las cuestiones (los tamaños del efecto más grandes se presentan en negrita).

Cuestión	Control Post-Pre	Exp-Con Pre	Exp-Con Post	Exptal. Post-Pre	Cuestión	Control Post-Pre	Exp-Con Pre	Exp-Con Post	Exptal. Post-Pre
C10111	0,10	0,08	0,02	0,04	C60411		<b>0,70</b>		-0,08
C10113	0,06	0,03	0,05	0,07	C60421				0,27
C10211	0,06	0,01	-0,05	0,00	C60511	0,04	0,11	0,03	-0,04
C10311	0,11	0,06	-0,01	0,03	C60521	-0,01	0,12	0,10	-0,03
C10411	0,09	-0,04	-0,12	0,01	C60531	0,15	-0,01	-0,08	0,08
C10412				-0,17	C60611	0,19	0,16	-0,14	-0,12
C10413				<b>0,38</b>	C70111				0,27
C10421	0,05	-0,01	0,00	0,06	C70121				0,03
C10431	0,09	0,09	0,01	0,01	C70211	0,12	0,09	-0,02	0,01
C20141					C70221	0,01	-0,02	0,02	0,05
C20151					C70231	-0,02	0,06	<b>0,61</b>	<b>0,53</b>
C20211	0,04	0,06	0,00	-0,02	C70311	0,06	-0,09	<b>1,01</b>	<b>1,13</b>
C20411	0,04	0,00	-0,06	-0,01	C70411	0,06	0,03	<b>0,73</b>	<b>0,73</b>
C20511	0,17	0,06	-0,22	-0,11	C70511				
C20521	0,17	0,08	-0,18	-0,09	C70611	-0,01	-0,01	0,04	0,03
C20611		0,06		0,03	C70621	0,05	0,05	0,12	0,12
C20811	0,16	0,07	-0,17	-0,09	C70711	0,01	0,04	0,01	-0,01
C20821				0,10	C80111	0,06	0,03	0,01	0,04
C30111	0,05	0,07	0,01	-0,01	C80121	-0,04	0,09	0,06	-0,08
C40111		0,03		0,06	C80131	-0,06	-0,01	0,10	0,05
C40142	0,14	0,00	-0,04	0,09	C80211	0,06	0,03	-0,06	-0,03
C40221		-0,02		-0,07	C90111	-0,02	0,07	0,02	-0,07
C40311	-0,03	0,08	0,05	-0,06	C90211	0,02	0,07	0,07	0,02
C40421	-0,02	-0,03	-0,02	-0,01	C90311	-0,04	-0,02	0,01	-0,01
C40431	0,00	0,02	0,00	-0,02	C90411	0,01	0,01	0,00	0,00
C40441		-0,02		0,11	C90511	-0,09	0,24	0,01	-0,31
C40511	-0,20	0,01	0,11	-0,10	C90521	0,07	0,01	0,00	0,06
C40521	0,01	-0,03	-0,05	0,00	C90531				
C40531	0,09	-0,01	-0,09	0,01	C90541	0,05	-0,09	0,00	0,13
C40711	0,08	0,01	-0,08	-0,01	C90611	0,09	0,07	0,03	0,04
C40811	0,17	0,05	-0,03	0,08	C90621	0,07	0,06	0,04	0,05
C40821	0,07	-0,02	-0,20	-0,11	C90631	-0,02	0,01	0,10	0,06
C50111			-0,13	-0,13	C90641	0,15	-0,02	-0,16	0,02
C50211	-0,02	0,05	-0,08	-0,14	C90651	-0,07	0,04	0,24	0,13
C50311	0,23	0,09	-0,27	-0,13	C90711	-0,14	-0,12	0,02	0,00
C60111	-0,01	-0,05	<b>0,53</b>	<b>0,57</b>	C90721	0,13	0,17	0,16	0,13
C60211	0,01	0,04	0,00	-0,03	C90811	-0,03	0,02	0,07	0,01
C60221	0,01	-0,06	0,14	0,20	C90921	0,01	0,10	0,07	-0,02
C60222	0,15	0,02	-0,13	0,01	C91011	0,09	0,01	-0,02	0,06
C60226	-0,02	-0,07	<b>0,61</b>	<b>0,65</b>	C91111	0,03	-0,07	0,12	0,22
C60311		0,14		-0,08	C91121	-0,02	-0,07	0,00	0,05



Las diferencias de mejora más relevantes y positivas ( $d > .30$ ) corresponden a las seis cuestiones siguientes (en orden de diferencias crecientes):

C10413 ¿La tecnología influye en la ciencia?

C70231 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Toman esta decisión por consenso; esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para que crean en la nueva teoría.

C60111 La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse muchos en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es:

C60226 Los científicos son honrados en su trabajo de investigación (por ejemplo, cuando escriben un informe de investigación).

C70411 Los científicos compiten por obtener ayudas económicas para la investigación y por quién será el primero en hacer un descubrimiento. A veces, esta competencia feroz hace que los científicos actúen en secreto, robando las ideas de otros científicos, y presionando por dinero. En otras palabras, a veces los científicos ignoran los ideales o las reglas de la ciencia (tales como compartir los resultados, la honradez, la independencia, etc.).

C70311 Los científicos publican sus descubrimientos en revistas científicas. Lo hacen principalmente para alcanzar credibilidad a los ojos de otros científicos y de las instituciones que les dan apoyo económico, y por tanto, las publicaciones les ayudan a avanzar en sus carreras personales.

Otras cuatro cuestiones obtienen valores del tamaño del efecto de las diferencias grandes y próximas al valor de corte ( $.20 < d < .30$ ):

C60221 Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo, ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo). Los científicos tienen estas características, no sólo en su trabajo, sino también en su vida familiar.

C91111 Los científicos que trabajan en diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H<sup>+</sup> hace que los químicos piensen en acidez y los físicos piensen en protones). Esto hace difícil a los científicos de diferentes campos entender el trabajo de otros.

C70111 La lealtad afecta a cómo realizan su trabajo los científicos. Cuando éstos

trabajan juntos en equipo su lealtad a los ideales de la ciencia (mentalidad abierta, compartir los resultados con otros, etc.) es sustituida por la lealtad al equipo (por ejemplo, poner los intereses del equipo por delante de la ciencia, o trabajar conforme a las opiniones del equipo).

C60421 Los mejores científicos tienen la paciencia y determinación necesarias para superar la frustración y el aburrimiento (por ejemplo, haciendo el mismo experimento muchas veces hasta obtener resultados fiables).

También cabe destacar una cuestión (C90511, Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes) donde el grupo experimental empeora sus resultados en la evaluación final; no obstante, se observa una anormal diferencia grande en el número de participantes entre la condición inicial y final, que requeriría un análisis más detenido. En el resto de las cuestiones con tamaños del efecto negativos, los valores son siempre irrelevantes ( $d < .20$ ).

En suma, la eficacia de las secuencias de enseñanza para mejorar las concepciones de los estudiantes en temas de NdCyT viene avalada por el hecho que aproximadamente  $2/3$  de las cuestiones empleadas en la evaluación logran diferencias positivas de mejora, aunque sólo una minoría de estas muestra mejoras muy relevantes. Por otro lado, los temas hallados donde la enseñanza de la NdCyT parece influir más significativamente en mejorar las concepciones de los estudiantes apunta hacia una mejora significativa en los temas de relacionados con la comunidad científica y las características de los científicos, la influencia de la tecnología sobre la ciencia y una cuestión de epistemología.

## Conclusiones

El proyecto de enseñanza y aprendizaje de la NdCyT (EANCYT), con la participación de investigadores de siete países latinos, se propuso como objetivos construir secuencias de enseñanza y aprendizaje apropiadas para realizar esta enseñanza y verificar la eficacia de estas secuencias didácticas en el aula para mejorar las concepciones de los estudiantes sobre NdCyT. Este artículo ofrece una panorámica de los resultados alcanzados por el proyecto EANCYT a partir de los datos recopilados en el momento de su finalización en 2013. Habría que añadir, que el proyecto ha seguido vivo durante el año 2014 a través de las actuaciones pendientes de algunos investigadores que enriquecieron todavía más la base de



datos del proyecto, pero que no se han tenido en cuenta en la elaboración de este artículo.

Los logros del proyecto presentados en este estudio se concretan en el diseño de 65 secuencias de enseñanza aprendizaje, muchas de las cuales han sido aplicadas en el aula a grupos de estudiantes reales, cuyo número se estima que supera los 4000 participantes, que han generado más de 230000 respuestas de evaluación inicial y final a los instrumentos de evaluación, en los grupos de control y experimental donde se distribuyeron los estudiantes, y que son los datos básicos analizados en este estudio, gracias a la estandarización de los instrumentos de evaluación, que permiten su aplicación a grandes muestras y en diferentes contextos (Aikenhead y Ryan, 1992; Bennáassar et al., 2010; Kang, Scharmann y Noh, 2005).

Las respuestas a las hipótesis y preguntas de investigación planteadas en este estudio son confirmadas por los resultados. En primer lugar, el diagnóstico de las concepciones sobre NdCyT en los estudiantes participantes en el proyecto, a través de sus respuestas a las cuestiones de evaluación, confirma que estas concepciones son globalmente inadecuadas y poco informadas, coincidiendo en esto con la ingente cantidad de investigación diagnóstica sobre este tema. El análisis detallado a través de las 82 cuestiones analizadas en este diagnóstico permite ordenar las concepciones sobre los diferentes temas de NdCyT según su mejor o peor calidad de información como han hecho otros estudios (Dogan y Abd-el-Khalick, 2008; Vázquez-Alonso, García-Carmona, Manassero-Mas y Bennáassar-Roig, 2014).

En segundo lugar, la segunda pregunta de investigación contrasta que, antes de la instrucción, los grupos de control seleccionados son equivalentes a los grupos experimentales, a los cuales se aplicaron las secuencias de enseñanza; este resultado es básico y necesario para verificar la eficacia de las secuencias de enseñanza para la mejora de las concepciones de los estudiantes sobre NdCyT en el marco del diseño experimental aplicado. Este resultado garantiza que las comparaciones posteriores del grupo experimental respecto al grupo control sean válidas y fiables respecto a la verificación de la eficacia de las secuencias de enseñanza.

En tercer lugar, la tercera cuestión de investigación acerca de la eficacia de las secuencias de enseñanza para mejorar las concepciones de los estudiantes del grupo experimental se confirma comparando las concepciones finales de este grupo con las concepciones finales del grupo control y con sus propias concepciones



iniciales. Respecto al grupo control, el grupo experimental mejora sus concepciones en mayor número de cuestiones (33) que el grupo control (24) y, además, el grado de mejora cuantitativo del grupo experimental es mayor que la mejora del grupo de control, pues en ninguna cuestión la mejora del grupo control respecto al grupo experimental es relevante (en todas  $d < .30$ ), mientras el grupo experimental supera el nivel umbral del tamaño del efecto relevante para las diferencias sobre el grupo control ( $d > .30$ ) en cinco cuestiones.

Los grupos experimentales obtienen índices medios finales mejores que sus índices iniciales en una amplia mayoría de 49 cuestiones (casi dos tercios), de las 79 cuestiones comparadas entre su evaluación inicial y final. Muchas de estas cuestiones presentan mejoras cuyas diferencias son estadísticamente significativas y en seis de ellas son relevantes ( $d > .30$ ).

En resumen, todos los indicadores globales apuntan la tendencia que la enseñanza explícita y reflexiva de la NdCyT mediante secuencias de aprendizaje cortas y específicas es eficaz para mejorar las concepciones de los estudiantes. La intensidad de esta mejora varía según los temas y las secuencias aplicadas, pero los resultados muestran que es más frecuente en las dimensiones de sociología interna de CyT y menos en sociología externa y epistemología.

Además, este estudio permite añadir un diagnóstico más fino a través del análisis de las categorías adecuadas, plausibles e ingenuas en cada cuestión. Se observa un patrón diagnóstico bastante generalizado donde los estudiantes logran índices medios muy positivos en la categoría adecuadas; por el contrario, las categorías plausibles e ingenuas obtienen índices medios mayoritariamente negativos o poco positivos, con pocas excepciones. Este patrón generalizado de buena percepción de la categoría adecuada y mala percepción que las categorías plausibles e ingenuas sugiere diversas e importantes implicaciones para la enseñanza de la NdCyT y la educación científica.

La primera es que las concepciones de los estudiantes son superficiales, es decir, poco profundas, carentes de reflexión, incoherentes, inconsistentes y con un nivel de comprensión de alcance limitado. En efecto, los resultados muestran repetidamente que los estudiantes identifican aceptablemente las concepciones adecuadas sobre un tema, pero presentan índices más bajos en otras frases plausibles o ingenuas de la misma cuestión. Esto significa que no son capaces de aplicar la pura lógica derivada de reconocer esa concepción adecuada para deducir



el valor de otras frases incompatibles o incoherentes con ella, como son las ideas expresadas por las categorías plausibles e ingenuas (Apostolou y Koulaidis, 2010; Gess-Newsome, 2002; Khishfe y Abd-el-Khalick, 2002; Meichtry, 2006).

La segunda implicación es de tipo metodológico y para la investigación: las concepciones sobre la NdCyT que se evalúan mediante una sola frase, como es usual en muchos cuestionarios, carecen de validez y fiabilidad, pues la valoración resultante depende altamente de que la frase exprese una idea adecuada (mejor valoración), plausible o ingenua (peores valoraciones). Por tanto, la evaluación de las concepciones mediante múltiples y distintas frases referidas a un mismo tema, que implementan distintas posiciones sobre el tema, no solo resulta más completa por razones obvias de emplear un mayor número de ítems, sino que también tiene un mayor grado de validez y fiabilidad (Vázquez et al., 2006; Vázquez et al., 2013).

El hallazgo de que los estudiantes respondan de manera tan diferente según la categoría de la frase sobre la NdCyT tiene otra obvia implicación: su enseñanza no debe afrontarse como una enseñanza de meros conocimientos factuales acabados y cerrados (“la ciencia es X”), sino como cogniciones complejas, dialécticas, cambiantes y altamente dependientes del contexto, (“la ciencia puede ser X”... “pero también podría ser Y”... “y en determinadas circunstancias podría ser Z”, etc.). Algunos autores la han denominado ciencia global o enseñanza situada (Sadler, 2011; Wong y Hodson, 2010) o ciencia auténtica (Allchin, 2011), pues tratan de describir las visiones actualizadas y en contextos reales de la NdCyT.

En suma, los patrones observados en el diagnóstico de las concepciones sugieren también que la mejora de las concepciones a través de obtener índices medios de cuestión más positivos depende principalmente de alcanzar mejores índices en las frases ingenuas y, especialmente, en las frases plausibles. Por tanto, la cuestión crucial de la mejora de las concepciones sobre NdcyT pasa por el diseño de enseñanza que ofrezca a los estudiantes una visión auténtica de la NdCyT, donde el estudiante tenga la oportunidad de reflexionar y argumentar sobre las distintas posiciones y soluciones en conflicto o en controversia (Deng et al. 2011).

Finalmente, este estudio aborda los datos del proyecto EANCYT desde una perspectiva global y este enfoque induce algunas limitaciones. La primera y más importante es que los resultados presentados aquí son promedios de muchos parámetros obtenidos de secuencias y grupos muy diferentes, cuyo efecto bien conocido es la reducción de la variabilidad de los parámetros originales para el

cómputo del promedio; en consecuencia, un análisis más detallado de las secuencias o de cada grupo producirá probablemente más y mayores diferencias, con la ventaja de una mayor equivalencia en las comparaciones. Por tanto, una limitación es que el estudio que no valora la eficacia de cada una de las 82 secuencias aplicadas, que sin duda sería más rica en resultados y más precisa en hallazgos, como así confirman los artículos siguientes que constituyen este número monográfico. Otra limitación del enfoque adoptado es la ausencia del análisis de los centenares de frases (528) que componen las cuestiones estudiadas aquí; por las mismas razones anteriores este análisis aportaría una mayor variabilidad a los resultados y concepciones concretas que identifican las fortalezas y debilidades en cada tema evaluado. Obviamente, por cuestiones de espacio este análisis requeriría un nuevo artículo, pero podría ofrecer una mayor riqueza y una nueva perspectiva sobre las concepciones más y menos aceptables y más y menos susceptibles de ser modificables por la intervención didáctica de enseñanza para los estudiantes.

**Nota de los autores:** Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

### Referencias Bibliográficas

- Abd-el-Khalick, F. y Akerson, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31, 2161-2184.
- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.
- Acevedo, J. A. (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.
- Aikenhead, G.S., y Ryan, A.G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, 518-542.
- Apostolou, A., y Koulaidis, V. (2010) Epistemology and science education: a study of epistemological views of teachers. *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 149-166. doi:10.1080/02635141003750396



- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A. y García-Carmona, A. (Coor.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. Consultado en [www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf](http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf).
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C-C, y Chai, C.-S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961–999.
- Dogan, N., y Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish Grade 10 Students' and Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A National Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083–1112.
- Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education Scientific Knowledge*, Springer: Dordrecht.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 403-412.
- Gess-Newsome, J. (2002). The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education*, 11(1), 55–67. doi: 10.1023/A:1013054823482
- Kang, S., Scharmann, L. C., y Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314–334. doi: 10.1002/sce.20053
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
- Khishfe, R., y Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-581. doi: 10.1002/tea.10036
- Lederman, N. G. (2008). 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.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, (pp. 3–26), Dordrecht: Springer.
- Meichtry, Y. J. (2006). The impact of science curricula on student views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 429 – 443.

doi: 10.1002/tea.3660300503

- NGSS Next Generation Science Standards (2013). *The Next Generation Science Standards*. Washington: National Academy of Sciences. Consultado en <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>
- Sadler, T. D. (2011). *Socio-scientific Issues in the Classroom*. Dordrecht: Springer.
- Vázquez-Alonso, A., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A., y Bennàssar-Roig, A. (2013). Science teachers thinking about the nature of science: a new methodological approach to its assessment. *Research in Science Education*. doi 10.1007/s11165-012-9291-4
- Vázquez-Alonso, A., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A., y Bennàssar-Roig, A. (2014). Spanish students' conceptions about NOS and STS issues: A diagnostic study. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(1), 33-45.
- 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. doi: 10.1002/sce.20134
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2012a). 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-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 34-55.
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (Comp.) (2013). *Secuencias de Enseñanza Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología*. Palma de Mallorca: Autor (CD).
- Vázquez Alonso, Á., Manassero Mas, M. A. y Ortiz Bonnin, S. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 243-268.
- Wong, S. L. y Hodson, D. (2010). More from horse's mouth: What scientists say about science as a social practice. *International Journal of Science Education*, 32, 1432-1463.