

## Un proyecto innovador para enseñar, aprender y evaluar sobre naturaleza de la ciencia y tecnología

Ángel Vázquez Alonso

Universidad de las Islas Baleares

[angel.vazquez@uib.es](mailto:angel.vazquez@uib.es)

### Resumen

Esta investigación presenta un proyecto de investigación para enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia y tecnología (EANCYT) que afronta el problema educativo de enseñar la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se refiere a aspectos de la historia, la filosofía y la sociología de CyT, es decir, las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. La perspectiva es educativa, pues la comprensión de NdCyT es considerada un componente central de la alfabetización científica para todos, la enseñanza y el aprendizaje de CyT y una línea innovadora en la investigación didáctica. Los fundamentos se extraen de la investigación didáctica sobre el desarrollo de conceptos como el conocimiento didáctico del contenido, el método de las 7Es y las estructuras didácticas, que proveen el vínculo para diseñar un modelo de secuencias de enseñanza-aprendizaje. El diseño experimental de la investigación es una metodología común para la aplicación experimental de las secuencias y los instrumentos de evaluación. Se presentan secuencias, cuestiones de evaluación y esquema de actividades del profesor para la aplicación. Las conclusiones discuten las ventajas del proyecto EANCYT respecto a otras investigaciones similares y anticipan algunos resultados preliminares.

**Palabras clave :** Naturaleza de ciencia y tecnología, ciencia-tecnología-sociedad, secuencias de enseñanza-aprendizaje, evaluación CTS, estructuras didácticas.

## Introducción

La naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT) engloba aspectos de epistemología y sociología de CyT y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS), unos contenidos complejos e innovadores, y poco populares en la educación científica. La complejidad de NdCyT surge de su propio carácter interdisciplinario: engloba aspectos de historia, epistemología y sociología de CyT y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Estos aspectos de la educación científica constituyen los saberes “acerca” de la ciencia y la falta de formación del profesorado sobre estos aspectos los hace poco populares como ocurre con la mayoría de las innovaciones (Vázquez y Manassero, 2012b).

La perspectiva de esta investigación es educativa: la comprensión de NdCyT es considerada por los especialistas un componente central de la alfabetización científica para todos y como tal se incorpora en los contenidos de los currículos escolares. La alfabetización científica tiene dos componentes: la comprensión “de” la ciencia (los tradicionales conceptos y procesos de la ciencia) y la comprensión “acerca” de la ciencia (o naturaleza de la ciencia). Asumiendo la integración actual entre ciencia y tecnología, el concepto de naturaleza de la ciencia se extiende de una manera natural para englobar también explícitamente la tecnología, de modo que el referente se denomina naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT). Esta última representa un reto innovador para la investigación didáctica y para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, no solo por la novedad de los temas, sino también por su complejidad (Millar, 2006; Rudolph, 2000).

En los últimos años, la investigación en didáctica de las ciencias para mejorar el aprendizaje de los estudiantes y la enseñanza de los profesores sobre NdCyT se ha centrado en el desarrollo curricular y la efectividad de la enseñanza en el aula, asuntos complejos por la cantidad de factores cruzados intervinientes que impiden, limitan o facilitan la enseñanza de NdCyT y la clarificación de la eficacia de los diferentes métodos. Algunas revisiones recientes ayudan a organizar y sistematizar este campo (p. e. Acevedo, 2009; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2007).

El diseño y desarrollo de un currículo apropiado para enseñar NdCyT ha avanzado gracias a la línea de investigación denominada de “consensos”. Puesto que parte de la complejidad de NdCyT como contenido de enseñanza surge del carácter dialéctico y cambiante de los conocimientos sobre NdCyT, la línea de “consensos” propone la existencia de determinados rasgos que pueden considerarse razonablemente compartidos por los especialistas, pues el debate en torno a ellos es mínimo, de modo que estos rasgos consensuados se consideran contenidos para desarrollar un currículo de NdCyT en torno a ellos, especialmente pensando en los estudiantes más jóvenes (ver una revisión en Vázquez y Manassero, 2012a). La consecuencia de esta línea de investigación es que los currículos de numerosos países contemplan ya la NdCyT como uno de sus contenidos oficiales (Vázquez y Manassero, 2012b).

La otra gran cuestión de investigación sobre la enseñanza de la NdCyT es elucidar la metodología más efectiva para conseguir la mejor comprensión por los estudiantes. La literatura especializada informa que estudiantes y profesores no logran comprender bien la NdCyT, de modo que algunas investigaciones recientes con profesores y estudiantes anglosajones se han dirigido a aclarar la efectividad de diversas metodologías para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la NdCyT. Las investigaciones realizadas con este objetivo parecen decantar que la efectividad educativa de diferentes aproximaciones didácticas encaminadas a enseñar la NdC tiene dos requisitos clave: por un lado el carácter explícito de la enseñanza y, por otro, la realización de actividades enfocadas a promover la reflexión sobre esta temática (ver las revisiones de Acevedo, 2008; García-Carmona et al., 2011).

La enseñanza explícita significa que los aprendizajes de NdCyT no se considera un subproducto de otras enseñanzas y actividades, sino que por el contrario, los contenidos se hacen claramente explícitos en las actividades, es decir, con una planificación curricular explícita y significativa de objetivos, contenidos y evaluación y su realización clara en el aula. El enfoque explícito suele ir unido a la reflexión, es decir, la discusión explícita y real de los conceptos de NdCyT por los estudiantes, a través de preguntas, diálogos, debates, actividades adicionales, etc. En conclusión, el tratamiento intencional y explícito de contenidos de NdCyT junto con actividades

meta-cognitivas de reflexión sobre NdCyT (enfoque explícito) es el método de enseñanza para NdcCyT considerado más efectivo (Abd-El-Khalick y Akerson, 2004, 2009; Acevedo, 2009).

La enseñanza de NdCyT no pretende formar filósofos, historiadores o sociólogos de la ciencia de modo que la enseñanza pura y directa de los contenidos de NdCyT solo se presenta en los cursos universitarios; en el resto, es habitual que los contenidos de NdCyT se enseñan dentro de un contexto determinado. Otro hallazgo indirecto de la investigación sobre NdCyT es que las anteriores condiciones para una enseñanza efectiva se pueden lograr en el marco de diferentes contextos. Los contextos de enseñanza de NdCyT más empleados en estos estudios son: actividades prácticas de investigación, cursos específicos sobre métodos o filosofía de CyT, historia de la CyT, cuestiones tecno-científicas de interés social o impregnación de contenidos tradicionales de CyT con contenidos de NdCyT.

La mayoría de estas investigaciones se han realizado en contextos anglosajones y con profesores de ciencias en formación inicial, que al ser adultos pueden ser mejores que los estudiantes jóvenes. Las investigaciones en contextos educativos no anglosajones y con estudiantes, y en particular, con los más jóvenes, son más escasas y constituye un campo abierto de investigación que afronta este estudio (Khishfe, 2008). Esta investigación se plantea enseñar y aprender la naturaleza de ciencia y tecnología (EANCYT) con estudiantes jóvenes latino-americanos en los diversos niveles educativos.

#### **FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DE LA ENSEÑANZA**

Como es conocido, enseñanza y aprendizaje son dos conceptos diferentes, pero muy relacionados. Un modelo de enseñanza tiene unas implicaciones específicas sobre el aprendizaje, y viceversa, una teoría del aprendizaje propone exigencias concretas para

la enseñanza. A pesar de esta interacción profunda, aquí se tratan separadamente a efectos metodológicos.

El elemento clave que determina la enseñanza en el aula es la planificación específica de la intervención del profesor a corto plazo y sobre un tópico específico. Este instrumento ha recibido diversos nombres (unidad didáctica, programación de aula, secuencia de enseñanza, etc.), aunque la denominación secuencias de enseñanza aprendizaje (SEAs) se está imponiendo hoy en la literatura (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004), nomenclatura que se usará aquí. Según estos autores, una SEA es un paquete de intervenciones curriculares, que a la vez es una actividad de investigación (prueba unas actividades y un diseño) y un producto (resultados de aprendizaje previstos). Una SEA incluye una descripción de unas actividades de enseñanza-aprendizaje (bien fundamentadas en la investigación), actividades empíricamente adaptadas al nivel evolutivo de los estudiantes y pautas que prevén reacciones esperadas de los estudiantes.

Otros elementos habituales de una SEA, además de la atención a las concepciones de los alumnos, son los siguientes: las características y conocimientos del dominio científico específico, los supuestos epistemológicos, las perspectivas de aprendizaje, los enfoques pedagógicos actuales y las características del contexto educativo. También se incluyen, a veces, orientaciones para el profesor, materiales de enseñanza, análisis de contenidos, motivaciones o limitaciones de la educación. El diseño de SEAs de calidad consiste en articular y dar coherencia a este complejo conjunto de elementos (Buty, et al., 2004).

Un problema habitual de la implementación de SEAs en el aula es una parte del problema general de la transferencia de los resultados de investigación a la práctica del aula, puesto que el diseño de SEA es realizado por profesores que son distintos de los aplicadores, que habitualmente no han participado en su diseño. En consecuencia, la transferencia de las SEAs implica un trabajo de apropiación de las mismas por el profesorado aplicador.

De acuerdo con la revisión de Duschl, Maeng y Sezen (2011) las SEAs están muy ligadas a los aprendizajes de inspiración activa y constructivista. El diseño y la evaluación de la investigación basada en secuencias de enseñanza-aprendizaje puede ser considerado como una vía natural de llevar a cabo investigación sobre la enseñanza de las ciencias aula. Una secuencia de enseñanza-aprendizaje incluye un proceso evolutivo basado en la investigación con el objetivo de vincular las perspectivas de los científicos y de los estudiantes. Está encaminado a crear un estrecho vínculo entre la enseñanza y el aprendizaje de un tema en particular.

Actualmente varias teorías del aprendizaje están vigentes en la literatura. Las teorías constructivistas, caracterizadas por el reconocimiento del papel central que juegan los conocimientos previos de los alumnos, son especialmente importantes en el aprendizaje de la ciencia. Dentro de esta orientación, el logro de aprendizaje significativo requiere que se produzca el cambio conceptual. Driver, Leach, Millar y Scott (1996) distinguen tres tipos de cambios conceptual; ordenados de fácil a difícil son los siguientes:

- (1) La elaboración de un concepto ya existente;
- (2) La reestructuración de una red de conceptos: pensar en un conjunto de conceptos pre-existentes de nuevas maneras;
- (3) El logro de nuevos niveles de explicación: esto es necesario para el avance de la comprensión científica de los estudiantes.

Un concepto clave para que los alumnos tengan oportunidad de construir su aprendizaje significativo durante el período de enseñanza asignado es la exigencia de los contenidos y tareas de aprendizaje. La vygotskiana propuesta sobre la zona de desarrollo próximo sugiere que la distancia cognitiva entre el conocimiento inicial del alumno y el conocimiento que se pretende enseñar debe mantenerse dentro de límites asequibles. En la misma línea, Leach y Scott (2002) sugieren un concepto similar pero más genérico, que denominan la “demanda de aprendizaje”, para representar la exigencia de los nuevos aprendizajes sobre los estudiantes.

Desde la perspectiva socio-cultural de Vygotsky, el papel del profesor es muy importante, pues el aprendizaje es un proceso de internalización, donde las personas se apropian y llegan a ser capaces de utilizar en el plano individual las herramientas conceptuales que se presentan por primera vez en el plano social del aula (Millar, Leach, Osborne y Ratcliffe, 2006). Durante el proceso de internalización, la comprensión de los estudiantes se desarrolla a través de las interacciones sociales entre los estudiantes, el profesor, y entre los propios alumnos. En el aula, el papel del profesor es hacer que las ideas científicas estén disponibles en el plano social, para ayudar a los estudiantes en la internalización de esas ideas y para apoyar su proceso de aprendizaje. La discusión y argumentación en el aula juega un papel importante en el aprendizaje del estudiante (Leach y Scott, 2003).

Las SEAs se plasman en planes coherentes que describen los aprendizajes diana y las estrategias específicas que se implementan en el aula para conseguirlos, donde se incluyen contenidos, metodologías, objetivos de aprendizaje, epistemologías, roles, actividades etc. Con el fin de llenar el vacío entre la teoría anterior y la práctica de la enseñanza se han propuesto una diversidad de modelos. En particular, varios investigadores han desarrollado dos importantes conceptos para la práctica (estructuras didácticas y conocimiento didáctico del contenido) que producen una convergencia en un modelo operativo de planificación de la enseñanza, que se aplica como fundamento de la enseñanza de la NdCyT.

Una de las propuestas más consideradas en la enseñanza es el concepto de conocimiento didáctico del contenido (CDC), que resalta la idea que el profesor no solo debe dominar la materia científica de la enseñanza, sino también las herramientas didácticas que permiten implementar en la práctica una enseñanza para un aprendizaje significativo (Shulman, 1986). Posteriormente, Mulhall, Berry y Loughran (2003) han elaborado el concepto de CDC desde las perspectivas socio-constructivistas y el pensamiento del profesor (conocimiento teórico y práctico) para proponer dos instrumentos específicos de planificación de la enseñanza de la ciencia: la Representación de Contenidos es una visión general de los contenidos de la enseñanza

de un tema, y los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica son informes de aspectos de la práctica educativa para un contexto particular de aula.

Lijnse (1995) propuso el concepto de "estructuras didácticas" como un esquema general que permita a los estudiantes construir libremente sus propias elaboraciones de aprendizajes sobre las ideas que queremos enseñarles. Las estructuras didácticas prestan gran atención a las dimensiones de motivación, metacognitivas y el desarrollo conceptual. Desde esta idea, Kortland (2001) propone diseccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje en cinco fases: motivación, pregunta, investigación, aplicación y reflexión. Después, Eisenkraft (2003) ha elaborado una estructura didáctica de siete fases denominada "ciclo de aprendizaje 7E" porque los nombres de sus siete etapas empiezan con la letra E. Estos fundamentos han sido aplicados en el diseño del esquema general de las secuencias de enseñanza-aprendizaje del proyecto EANCYT (figura 3). Los investigadores aplican este esquema a la construcción de las secuencias específicas para cada tema CTS.

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se plantea como un conjunto de acciones coordinadas, realizadas por cada investigador en su lugar de actuación, sobre estudiantes y profesores en formación en sus grupos naturales de clase para verificar la eficacia de la intervención experimental sobre la mejora en NdCyT.

### **Muestra**

La muestra sobre la que se pretende verificar la eficacia de los instrumentos para mejorar la comprensión de NdCyT está compuesta por estudiantes y estudiantes en formación para ser profesores. Para tener una perspectiva longitudinal de la eficacia de la enseñanza de NdCyT a lo largo del sistema educativo, se seleccionan muestras de grupos-aula naturales de estudiantes distribuidas regularmente en diferentes niveles del sistema educativo.



Nivel 1. Grupos-aula del nivel de 12 años.

Nivel 2. Grupos-aula del nivel de 15 años.

Nivel 3. Grupos-aula de estudiantes del primer curso de universidad en formación para ser profesores (18-19 años).

Nivel 4. Grupos-aula de estudiantes del último curso en la universidad en formación para ser profesores.

### **Instrumentos**

Los instrumentos de investigación que se aplicarán en las intervenciones son de dos tipos: instrumentos de intervención didáctica e instrumentos de evaluación de la mejora. Los instrumentos de intervención didáctica son una planificación de una lección sobre un rasgo de NdCyT a impartir a los estudiantes y cuya eficacia para la mejora del aprendizaje de los estudiantes y profesores en formación trata de evaluarse. En la metodología de la investigación, la intervención didáctica se denomina el tratamiento experimental.

### **Procedimiento**

El equipo de investigación contribuye cooperativamente a preparar y diseñar los instrumentos de intervención comunes a partir de la bibliografía y los contactos profesionales con los grupos que también trabajan estos temas. Esta investigación aplica un instrumento de intervención didáctica (Unidad Didáctica, UD) como tratamiento experimental para enseñar un rasgo de NdCyT, mediante un profesor, a un grupo natural de estudiantes y también un instrumento de evaluación para valorar la efectividad del tratamiento.

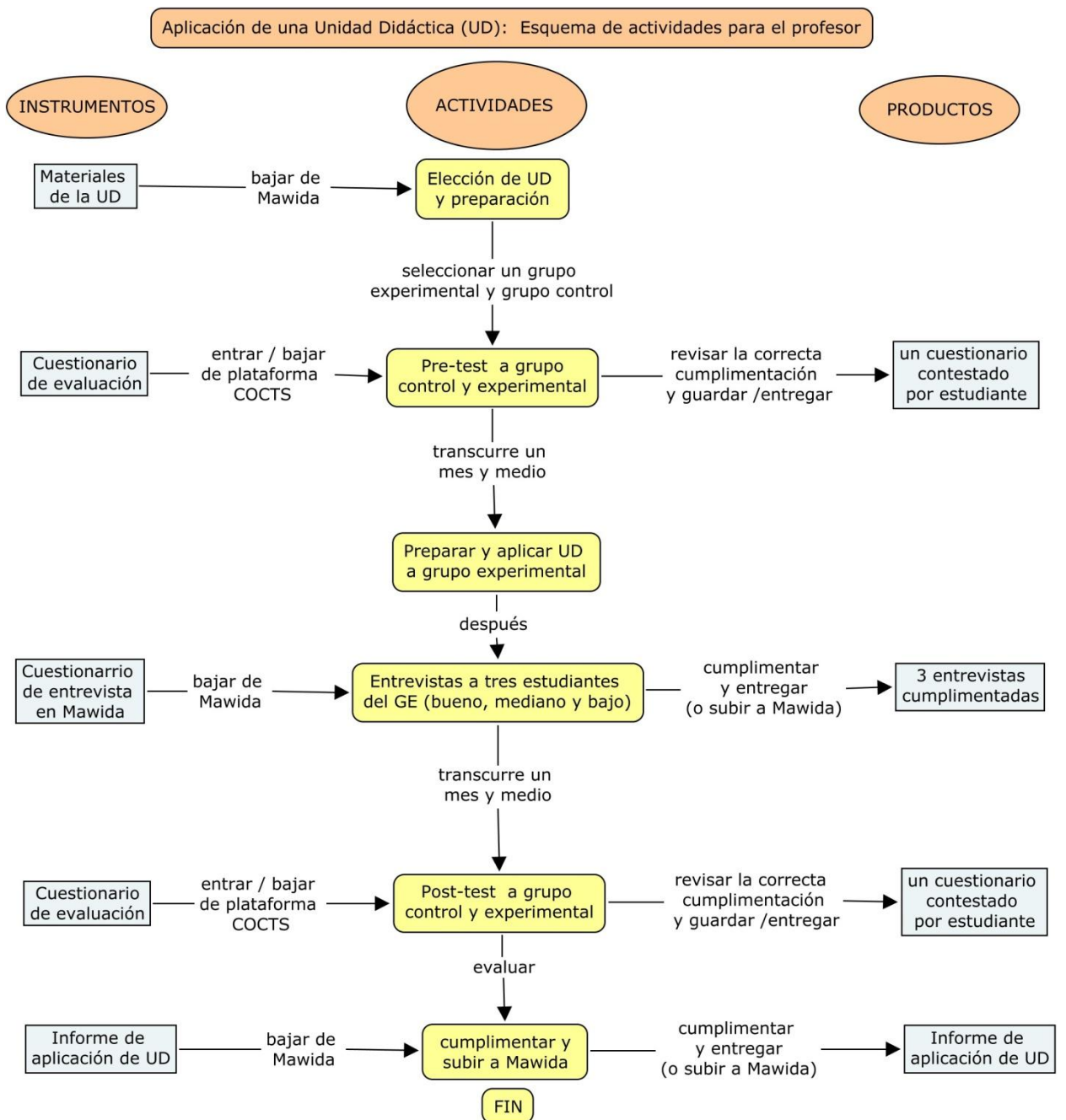
	Grupo		Pre-test		Tratamiento: intervención didáctica		Post-test
Selección aleatoria de dos grupos	Exptal.	→	Aplicación del instrument o evaluación	→	Aplicación de la Unidad Didáctica en clase	→	Aplicación del instrumento evaluación
	Control	→	Aplicación del instrument o evaluación	→	No tratamiento	→	Aplicación del instrumento evaluación
Tiempos orientativo			0		1½ mes		3 meses
Fechas			x/y/2012		x/y+1,5/2012		x/y+3/2012

**Figura 1: Diseño experimental de la intervención didáctica del proyecto EANCYT**

El modelo general se ajusta un diseño pre-test – intervención - pos-test con un grupo de control. En todos los casos, se cuidará especialmente que el grupo control elegido sea equivalente al experimental en las variables contextuales que definen los grupos (figura 1).

**RESULTADOS**

El objetivo central de esta investigación es mejorar la comprensión sobre NdCyT de estudiantes y profesores de todos los niveles educativos por medio de los instrumentos de intervención didáctica y evaluación diseñados y aplicados desde diversos contextos educativos.



**Figura 2: Diseño de las actividades del profesor para la aplicación de una secuencia de aprendizaje del proyecto EANCYT**

Los investigadores construyen los instrumentos de intervención didáctica, verifican su efectividad, identifican los instrumentos más eficaces en cada nivel educativo y validan los instrumentos de evaluación asociados a cada instrumento mediante un diseño experimental pre-test /pos-test con un grupo de control. Como resultados del proyecto actual se presentan los instrumentos de los procesos de investigación a desarrollar.

El primer resultado es la metodología común del diseño experimental de la investigación EANCYT, previa selección de grupos, para la aplicación de los instrumentos de intervención didáctica (Unidades Didácticas), y evaluación a los estudiantes. Se impone la prohibición de trabajar en clase explícitamente los contenidos de las cuestiones que forman el instrumento de evaluación (figura 1).

Un profesor que aplica una secuencia de aprendizaje EANCYT debe seguir el esquema reflejado en la figura 2, donde aparece el papel de las plataformas de apoyo informático en línea del proyecto, ligadas a los procedimientos de actuación en el aula. Además, también aparecen los demás documentos del proyecto. En suma, el profesor usa los instrumentos del proyecto, con los que realiza las actividades docentes e investigadoras, y produce una serie de productos que son documentos o resultados surgidos de sus actividades.

En el esquema de secuencia de aprendizaje (figura 3) se asume el modelo de enseñanza / aprendizaje que posee una estructura didáctica de siete fases denominada "ciclo de aprendizaje 7E" porque los nombres de sus siete etapas empiezan con la letra E:

1. Elicitar: hacer emerger las concepciones previas de los estudiantes, para diagnosticar las necesidades de los estudiantes en las próximas fases.

2. **Envolver:** motivar e involucrar a los estudiantes, despertar su interés y curiosidad, teniendo en cuenta también su diversidad.
3. **Explorar:** progresar en la comprensión a través de las actividades de aprendizaje (diseñar proyectos o experimentos, resolver problemas, tomar y analizar datos, sacar conclusiones, desarrollar hipótesis, hacer predicciones, discutir temas, etc.)
4. **Explicar:** usar conceptos, terminología, hechos, leyes, etc. para interpretar y reforzar los resultados de la fase de exploración.
5. **Elaborar:** transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios del entorno próximo (proponer preguntas o resolver problemas nuevos).
6. **Extender:** transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios, cuestiones y contextos más lejanos de los estudiantes (creatividad).
7. **Evaluar:** aplicar métodos e instrumentos de evaluación formativa a todos los aspectos relevantes del aprendizaje.

<b>TÍTULO</b> LOS CIENTÍFICOS CONSTRUYEN EXPLICACIONES: EL CASO DE “Luz: onda o partícula”	<b>Nº SESIONES</b>	5
<b>JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen)</b>	<b>NIVEL/ETAPA</b>	12/15
Los científicos utilizan todas sus capacidades mentales y los instrumentos disponibles para obtener datos acerca de los temas que estudian, analizarlos y proponer explicaciones adecuadas que se convierten en conocimiento científico válido después de ser comunicados a otros científicos, que los escrutan y critican con agudeza, y a veces, con obstinación en las revistas o en los congresos científicos. El resultado de todo este complejo proceso de depuración es validar y mejorar el conocimiento que tenemos sobre la naturaleza.	<b>CURSO</b>	
<b>RELACIÓN CON EL CURRÍCULO</b>	<b>ÁREA</b>	Ciencias
Física; en el currículo español, en el bloque 1 (contenidos comunes) de la asignatura “Ciencias de la Naturaleza” en todos los cursos de ESO (12-16 años), y otros bloques de esa etapa.	<b>BLOQUE</b>	Luz
<b>COMPETENCIA(S) BÁSICA(S)</b>  Competencia científica; competencia lingüística; competencia social y ciudadana;		
<b>OBJETIVOS</b>  Considerar la influencia de los factores personales de los científicos (competencia, razonamientos, creatividad, etc.) en el conocimiento que producen.  Valorar la forma como se genera el conocimiento científico a partir del trabajo de los científicos.  Evaluar la importancia de los desacuerdos entre los científicos (controversias) como fuente de mejora del conocimiento científico.		
<b>REQUISITOS</b>  Insertar la UD en el contenido del currículo escolar que sea más afín al tema de la UD.		

Tiempo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología/ organización	Materiales/ Recursos
15'	<b>ENGANCHAR</b> Introducción-motivación  / Presentación de la UD (objetivos...)	Expositiva	Libre
15'	<b>ELICITAR</b> Conocimientos previos  / Citar algún ejemplo del tema que sea familiar y motivador para los estudiantes (sondeo de ideas previas...)	Expositiva	Libre
<b>Actividades de Desarrollo</b>			
30'	<b>EXPLICAR</b> Contenidos  Lectura del texto / Explica, aclara y supervisa  Completan tabla de datos y explicaciones / Ayuda y supervisa	Clase  Individual  Puesta común	Texto lectura"  Actividad 1*
	<b>EXPLICAR</b> Procedimientos  Cada alumno elige una de las 3 posiciones; escribe argumentos a favor de la posición elegida y en contra de las otras / Induce, controla y supervisa; elabora la tabla final de argumentos pro y contra	Debates  Individual  Puesta común	Guías  Actividad 2*
45'	Cada alumno elige una de las 3 posiciones; se agrupan por elección; cada grupo escribe argumentos a favor de la posición elegida y en contra de las otras; debate / Induce, controla y supervisa	Panel y debate entre los 3 grupos	Actividad 3*
45'	Constitución de 3 grupos iguales al azar ; reparto de argumentos y roles por grupo; preparación del debate; debate / Induce, controla y supervisa	Panel y debate entre los 3 grupos	Actividad 4*
<b>EXPLICAR</b> Actitudes  Participación en los grupos y debates / Observa, induce y supervisa  <b>EXPLORAR</b> Consolidación			

30'	Resumir y valorar por escrito los resultados y argumentos resultantes de los debates 1 2 y 3 / Apoya, induce y supervisa	Cada uno de los 3 grupos	
30'	<p><b>Evaluar</b></p> <p>Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar)</p> <p>10113 60211 60221 70221 70611 70621 90621</p> <p>Criterios/indicadores</p> <p>Procesos de la ciencia, Influencia de individuos científicos, Construcción de explicaciones científicas, Controversias y decisiones científicas, método científico. (Las frases adecuadas de las cuestiones ofrecen una referencia sobre las ideas que el profesor debe transmitir; las frases ingenuas las ideas que debe corregir sobre este tema).</p> <p>EXTENDER Actividades de ampliación</p> <p>Redacción sobre un caso científico que conozcan donde pueden ser aplicables las ideas de la UD expuestas /</p>	Pre-test / pos-test	COCTS
30'	Redacción sobre un caso científico que conozcan donde pueden ser aplicables las ideas de la UD expuestas /	Individual	

**Figura 3: Diseño de una secuencia de aprendizaje del proyecto EANCYT (\* documento adicional desarrolla el tema).**

Un ejemplo de una cuestión de evaluación (pre y pos test) citada en el esquema de la SEA de la figura 3 (70211) se recoge en el texto siguiente. Las cuestiones de evaluación usadas en el proyecto pertenecen a un banco denominado Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) que ha sido mejorado y aplicado al o largo de varios años de estudio e investigación de sus cuestiones (Bennássar, Vázquez, Manassero, García-Carmona, 2010; Vázquez, Manassero & Acevedo, 2006).

Los estudiantes valoran según una escala Likert su grado de acuerdo con cada una de las frases de la opción múltiple. El modelo de respuesta adoptado para cuestiones es el modelo de respuesta múltiple, donde cada una de las frases optativas es valorada



por la persona que responde, de modo que se maximiza la información disponible para evaluar la comprensión de cada tema. La persona encuestada responde al problema planteado en cada cuestión según un modelo de respuesta múltiple: valora sobre una escala de nueve puntos su grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las frases que contiene la cuestión (Vázquez & Manassero, 1999).

Estas valoraciones directas se transforman después en un índice actitudinal, normalizado en el intervalo  $[-1, +1]$ , mediante la métrica, que opera teniendo en cuenta la categoría de cada frase (Adecuada, Plausible e Ingenua), asignada previamente por un panel de jueces expertos. Los índices actitudinales son los indicadores cuantitativos de las creencias y actitudes de los encuestados y miden el grado de sintonía de la puntuación directa, otorgada por los encuestados, con el patrón categorial asignado por los jueces a las frases del COCTS. Cuanto más positivo y cercano al valor máximo (+1) es un índice, la actitud se considera más adecuada e informada, y cuanto más negativo y cercano a la unidad negativa (-1) es el índice, representa una actitud más ingenua o desinformada. Aunque la metodología empleada es cuantitativa, también permite y fundamenta interesantes análisis cualitativos (Vázquez, Manassero & Acevedo, 2006).

La evaluación del aprendizaje de la comprensión de la NdCyT por los estudiantes mediante el uso de las SEAs como instrumento de enseñanza se evalúa mediante un diseño pre-test / pos-test, es decir, se comparan las puntuaciones que obtienen los estudiantes antes de la aplicación de la SEA y después. El instrumento de evaluación para evaluar la comprensión de la NDCyT está diseñado a la medida del contenido de cada SEA, y está formado por varias preguntas como la ejemplificada en la tabla 1.

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.

**Tabla 1: Texto de una de las cuestiones aplicada para la evaluación en la secuencia de aprendizaje de la figura 3.**

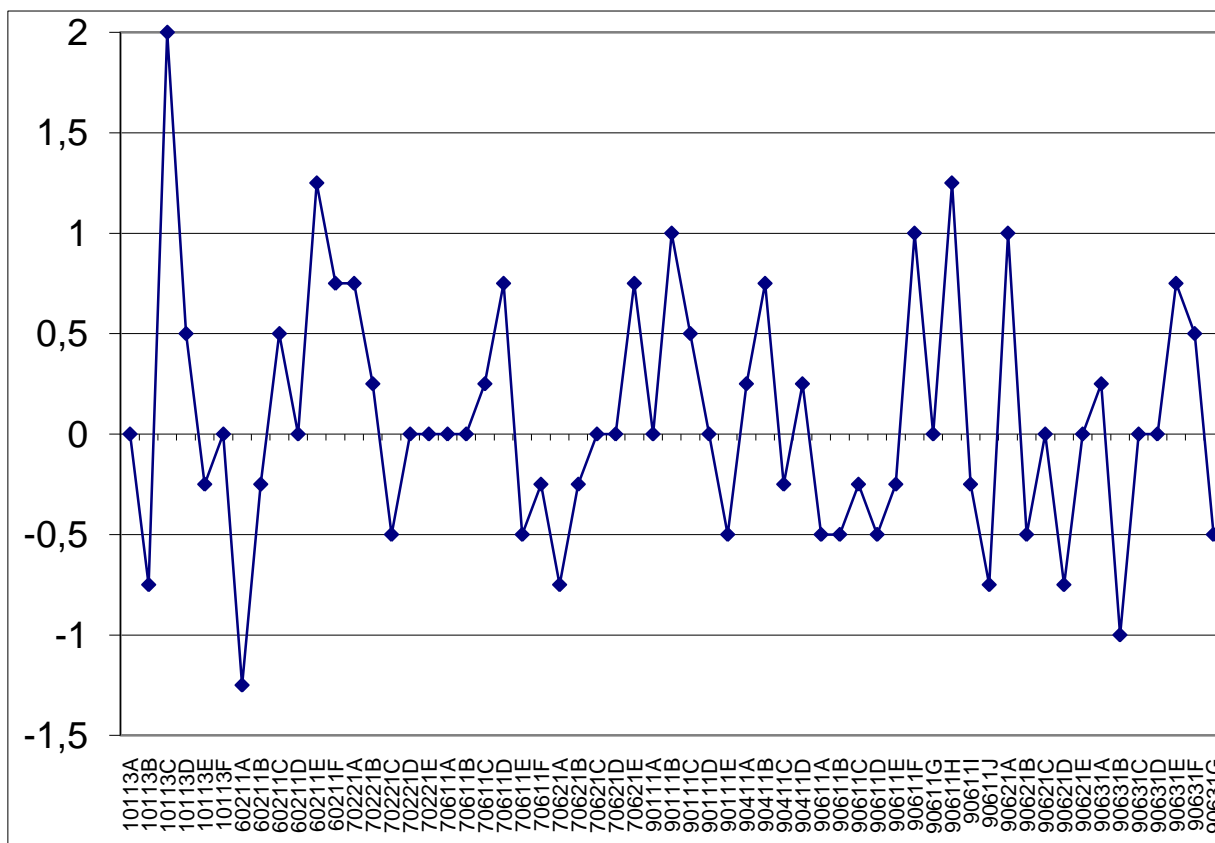
El pre-test se aplica un mes y medio antes de aplicación de la SEA y el pot-test se aplica un mes y medio después de aplicación, para medir aprendizajes consolidados. La diferencia entre la puntuación final y la inicial de cada estudiante indica el grado de aprendizaje alcanzado y atribuido a la SEA aplicada: la diferencia positiva indica que la SEA ha producido una mejora de la comprensión de la NdCyT y la diferencia negativa que ha empeorado.

La figura 4 muestra los resultados para las diferencias del cambio en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología en el caso de un estudiante, profesor en formación de ciencias, después de haber trabajado didácticamente con la secuencia de aprendizaje de la tabla 1. Cada punto de la figura 4 representa la diferencia de mejora en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología medida sobre cada una

de las 58 frases valoradas por el estudiante en las 10 cuestiones que se sometieron a su valoración, antes y después de su trabajo con la SEA.

Se puede observar que la mayoría de las diferencias son positivas y el balance global (suma de todas las diferencias) es netamente positivo (+4 puntos), lo cual indica que el estudiante profesor mejoró globalmente su comprensión de NdCyT. Sin embargo, también se observan algunas diferencias negativas, resultado que lejos de ser sorprendente, reafirma la gran complejidad de la NdCyT y que su comprensión es una cuestión de grado, que es muy sensible al tipo de afirmaciones que se valoran o realizan.

En el proyecto se usa además otra documentación complementaria, creada por la investigación para documentar y justificar debidamente todas las actividades de investigación desarrolladas por cada profesor e investigador, formada por los siguientes instrumentos: cuestionarios de entrevistas a alumnos, informe de aplicación de la unidad didáctica del profesor aplicador, la planificación general de aplicaciones de unidades didácticas y las plataformas en línea de apoyo informático.



**Figura 4: Resultados del cambio en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología de un profesor en formación después de haber trabajado didácticamente con la secuencia de aprendizaje cuyo diseño aparece en la tabla 1.**

### Conclusión

Los resultados y la tecnología didáctica creada se pretenden transferir y extender para mejorar la formación de profesores y el aprendizaje de los estudiantes en las aulas a través de la diseminación e institucionalización de metodologías, instrumentos y buenas prácticas. Esta transferencia irá acompañada de los resultados de eficacia obtenidos por cada instrumento en la aplicación experimentada de la investigación EANCYT.

El desarrollo del proyecto también pretende generar formación investigadora en las instituciones participantes (nueva investigación, publicaciones, tesis de maestría y doctorales) y promover el trabajo en equipo cooperativo de distintas instituciones y países, fomentando las relaciones y la cooperación internacionales entre

investigadores de diferentes países e instituciones que comparten lengua y cultura, consolidando, ampliando y creando redes de investigación en temas CTS.

Los resultados preliminares obtenidos acerca de la mejora de la comprensión de la NdCyT son modestos, pero en algunos aspectos apreciables. Este resultado moderado replica los efectos similares encontrados en otros estudios semejantes anteriores a este, cuyas mejoras ni son grandes, ni afectan a todos los aspectos enseñados, sino que son también mejoras modestas y referidas a algunos aspectos parciales concretos (Acevedo, 2009).

La evaluación empleada para valorar la mejora de la comprensión de la NdCyT en estudios anteriores es mayoritariamente cualitativa, es decir, basada en simples porcentajes de recuentos de ideas adecuadas sobre NdCyT extraídos del análisis de contenido de textos escritos por los estudiantes. Obviamente, la apreciación del investigador y la naturaleza cualitativa del análisis son factores que no permiten comparaciones entre investigadores, ni replicaciones equivalentes de experiencias (Abd-el-Khalick y Akerson, 2009; Khishfe, 2008).

La aportación principal de este estudio es ofrecer una metodología basada en un diseño pre-pos test y sobre todo, un instrumento estandarizado para la evaluación de la mejora en la comprensión de NdCyT. Este instrumento permitir comparaciones entre diversos tratamientos didácticos (SEAs) para enseñar NdCyT y también entre diversas investigaciones que usan el mismo instrumento de evaluación y diferentes planteamientos didácticos o investigadores.

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

## Bibliografía

- Abd-el-Khalick, F. y Akerson, V. L. (2004). Enhancing preservice teachers' conceptions of nature of science: The impact of training in metacognitive strategies. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA). San Diego, CA.
- 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.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A., 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 Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Buty, C., Tiberghien, A. y Le Maréchal J.F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579-604.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the model5E. *The Science Teacher*, 70(6) 57-59,
- 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.

- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
- Kortland, J. (2001). *A Problem Posing Approach to Teaching Decision Making about the Waste Issue*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning', *Studies in Science Education*, 38, 115-142.
- Leach, J. y Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education* 12, 91-113.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell, & N. G. Lederman, (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Millar, R., Leach, J. Osborne, J. y Ratcliffe, M. (2006). *Improving Subject Teaching. Lessons from research in science education*. London: Routledge.
- Mulhall, P., Berry, A., y Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4(2), 1-25.
- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Vázquez, A. & Manassero, M.A. (1999). Response and scoring models for the 'Views on Science.Technology-Society' instrument. *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, J. A. (2005). Quantitative analysis of complex multiple-choice items in science technology and society: Item scaling. *Revista*

*Electrónica de Investigación Educativa*, 7 (1). Retrieved May 21, 2010, from <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contents-vazquez.html>

Vázquez, A., Manassero, M.A. & Acevedo, J.A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90, 4, 681-706.

Vázquez, Á. y M. A. Manassero (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.; 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.