

LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA (EANCYT): UNA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL CON PERSPECTIVA LATINA

Ángel Vázquez-Alonso

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

María-Antonia Manassero-Mas

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

Antoni J. Bennàssar-Roig

Universidad de las Islas Baleares/Dpto. de Biología
abennassar@uib.es

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar los elementos comunes de una investigación experimental desarrollada en 16 instituciones de siete países latinos (incluyendo España y Portugal) sobre la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y tecnología (EANCYT) con el propósito de ofrecer una visión panorámica del mismo y evitar repeticiones innecesarias de estos elementos comunes en el resto de los artículos. El primer elemento común está constituido por los marcos teóricos adoptados sobre la enseñanza (explícita y reflexiva), el desarrollo de los materiales de enseñanza (basado en las teorías sobre las secuencias de enseñanza-aprendizaje) e instrumentos de evaluación (basado en el cuestionario de opiniones sobre ciencia tecnología y sociedad, COCTS). El segundo elemento común está constituido por la metodología adoptada, que comprende el diseño general de la investigación (experimental y longitudinal con grupo de control y aplicación de una evaluación inicial y otra final); se describen las muestras (que comprenden estudiantes de distintos niveles y profesores en formación inicial), los instrumentos empleados y los procedimientos específicos de investigación. Finalmente, como resultados, se presentan las dos plataformas informáticas desarrolladas para gestionar la investigación, donde se incluyen los proyectos de aplicación elaborados por los



investigadores en los repositorios de las plataformas, las guías de aplicación para los profesores colaboradores externos a la investigación y una aproximación a las variables empleadas; como epílogo, se discuten algunos aspectos centrales relativos a la utilidad y diseminación de la investigación.

Palabras clave: Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología; Evaluación de temas de Naturaleza de la Ciencia y Tecnología; Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje; Investigación Experimental.

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar os elementos comuns de uma pesquisa experimental em 16 instituições de sete países latinos sobre o ensino e aprendizagem da natureza da ciência e tecnologia (EANCYT), a fim de fornecer uma visão geral do mesmo e evitar a repetição desnecessária dos elementos comuns no resto dos itens. O primeiro elemento comum é constituído por quadros teóricos adotados no ensino (explícita e reflexiva), o desenvolvimento de materiais de ensino (com base em teorias sobre a sequência de ensino e aprendizagem) e instrumentos de avaliação (com base no questionário de opiniões sobre ciência, tecnologia e sociedade, COCTS). O segundo elemento comum é constituída pela metodologia adotada, que compreende a concepção global da pesquisa (projeto experimental e longitudinal, grupo controle e aplicação de uma avaliação inicial e final); amostras (compreendendo alunos de diferentes níveis e professores em formação inicial), os instrumentos utilizados e os procedimentos de investigação específicos são descritos. Finalmente, como resultado, as duas plataformas de computador desenvolvido para gerenciar pesquisa, onde são incluídos os projetos de aplicação desenvolvidos pelos pesquisadores a os repositórios das plataformas, as diretrizes de aplicação para os parceiros externos professores e uma abordagem para as variáveis utilizadas a pesquisa; como um epílogo, se discutiu algumas questões-chave relacionadas com a utilidade e divulgação da investigação.

Palavras-chave: Ensino da Natureza da Ciência e Tecnologia; Questões de avaliação da Natureza da Ciência e Tecnologia; Sequências de ensino-aprendizagem; Pesquisa Experimental.

Abstract

This paper aims to present the common elements of an experimental research conducted in 16 institutions of seven Latin countries (including Spain and Portugal) on the teaching and learning of the nature of science and technology (EANCYT) in order to provide an overview and avoid unnecessary repetition of these common elements in the following papers. The first common element is the theoretical frameworks adopted for the NOS teaching (explicit and reflective), and follows the development of teaching materials (based on theories about teaching learning sequences) and the assessment tools (based on the questionnaire of views on science technology and society, Spanish acronym COCTS). The second element is the common research methodology adopted by researchers, which encompasses the overall design of the research (experimental and longitudinal design with a control group and implementation of initial and final assessments) and the choice of samples (students from several educational levels and teachers in initial training). The research instruments and the specific research procedures are described. Finally, the two web platforms that were developed to manage the research, where researchers implemented their developed projects within repositories, the application guidelines for external researchers and partners and an approximation to the variables applied in the research are also included as products and results. As an epilogue, some key issues related to the usefulness and dissemination of the EANCYT research are discussed.

Keywords: Teaching the Nature of Science and Technology; Assessment issues Nature of Science and Technology; Teaching-learning sequences; Experimental Research.

Introducción

Este artículo presenta el diseño general de una investigación (EANCYT), cuyo objetivo es enseñar los temas científicos innovadores reconocidos con la denominación de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT) en la educación científica. El diseño comprende una introducción básica a sus marcos teóricos, los métodos empleados (muestras de participantes, instrumentos y procedimientos desarrollados) y un esquema de las variables empíricas generales que conforman los resultados específicos presentados en el resto de artículos de esta monografía.



El tema central, NdCyT, se refiere a la naturaleza del conocimiento científico, es decir, los aspectos de historia, filosofía y sociología de CyT del currículo científico, que plantean las cuestiones históricas, filosóficas y sociológicas (y otras) que rodean el desarrollo y validación del conocimiento científico, así como, las relaciones, internas y externas, que se establecen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS), donde los temas de medio ambiente y socio-científicos constituyen centros de interés destacados. En sentido amplio NdCyT es un conjunto de meta-conocimientos acerca de qué es y cómo funciona la ciencia en la construcción y validación del conocimiento (Bennàssar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010).

Los temas de NdCyT son complejos, por su contenido interdisciplinar (presencia de disciplinas adicionales a la misma ciencia), multifacético (se trasciende el enfoque meramente científico para incluir otras perspectivas de análisis) y frecuentemente controvertido (más allá de la imagen mecánica y objetivista de la ciencia, se trata de resaltar su carácter dialéctico y argumentativo). Obviamente, estos temas resultan innovadores para el currículo escolar científico y tecnológico, porque anteriormente no estaban incluidos en el currículo, que estaba más centrado en la enseñanza de los contenidos tradicionales de la ciencia (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007). Principalmente, la complejidad de NdCyT surge de su propio carácter interdisciplinar, pues engloba aspectos de historia, epistemología y sociología (entre otros) de CyT y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). La figura 1 está basada en la analogía de los tres mundos de Karl Popper elaborada por el primer autor (Vázquez, 2014) para estructurar el carácter complejo, multifacético y controvertido de los temas, consecuencia de la interdisciplinariedad de las contribuciones que presentan. El mundo físico de los objetos materiales (M1), el mundo 2 (M2) del pensamiento humano (cogniciones y estados mentales), que crea los entes independientes y externos del M3 a partir de la conciencia y percepción humana del M1 y el mundo 3 (M3) del conocimiento (objetivo) creado (ideas, teorías científicas, arte, problemas, argumentos, libros, etc.). Hodson (2008) denomina a M2 el “mundo de la práctica científica” (el pensamiento subjetivo de los científicos que investigan M1) y a M3 “mundo del conocimiento científico y tecnológico”, aunque no lo considera necesariamente objetivo (artefactos, ideas y teorías científicas y tecnológicas). En particular, los meta conocimientos del mundo 4 creados sobre el estudio de los mundos 1, 2 y 3 constituyen los contenidos de la NdCyT, que se pueden resumir en dos grandes dimensiones, contenidos epistemológicos y contenidos sociales, en las cuales se incluyen procesos, métodos, conocimientos, actividades

científicas, validación del conocimiento y valores (epistémicos, científicos, sociales) (Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2014).

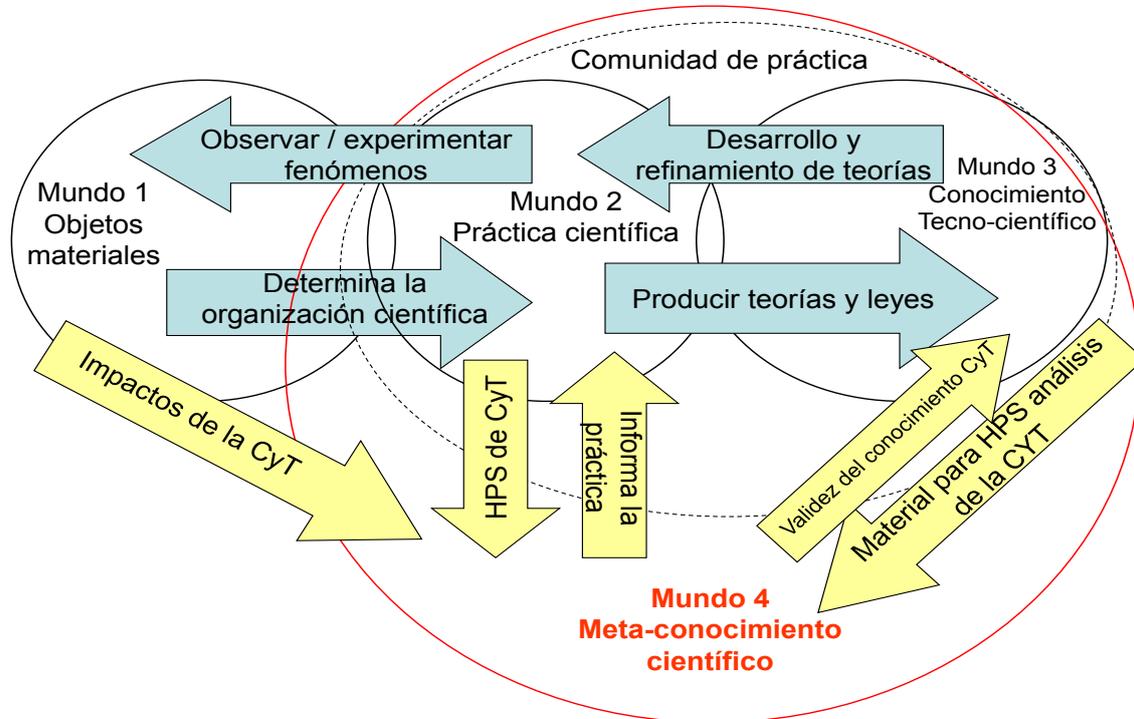


Figura 1 – Modelo meta-teórico, basado en los tres mundos de Popper, que estructura los meta-conocimientos de NdCyT como una interacción en la comunidad de prácticas (mundo 4).

Asumiendo la integración actual entre ciencia y tecnología en el concepto de tecnociencia (Echeverría, 2010), como hace patente la figura 1 también, el concepto de naturaleza de la ciencia se extiende de una manera natural para englobar explícitamente la tecnología, y por ello, 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). La perspectiva de este artículo es educativa: la comprensión de NdCyT es considerada, con cierta unanimidad de los especialistas, un componente central de la alfabetización científica para todos, y por esa razón se debe incorporar como innovación en los currículos escolares (Hodson, 2009).

La alfabetización científica tiene dos componentes: la comprensión “de” la



ciencia (los tradicionales conceptos, leyes, modelos y teorías y procesos de la ciencia) y la comprensión “acerca” de la ciencia (o naturaleza de la ciencia). Estos saberes “acerca” de la ciencia (NdCyT) son innovadores de la educación científica, por contraposición a los saberes “de” la ciencia, que conforman la enseñanza tradicional de la ciencia. Al situarse fuera de lo que ha sido la órbita usual de la enseñanza tradicional de la ciencia, la innovación que supone la enseñanza de NdCyT no se ha considerado en la formación del profesorado, de modo que esta carencia la convierte en poco popular entre el profesorado de ciencias, como suele ser habitual con la mayoría de las innovaciones educativas (Vázquez y Manassero, 2012b). Sin embargo, la necesidad de enseñar NdCyT se ha justificado con múltiples razones (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996; Fourez, 1997; Jenkins, 1996; Sjøberg, 1997; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005): socioeconómicas (CyT son un motor del desarrollo económico y social), culturales (CyT aportan una nueva cultura, que influye es influida por la cultura), autonomía (CyT facilitan la autonomía personal), utilidad (CyT son funcionales para las decisiones personales y sociales de la vida cotidiana, contribuyen a mejorar o deteriorar, según su uso, la calidad de vida), democráticas (CyT impactan sobre muchos asuntos de interés público y social que requieren la creciente participación social en decisiones), éticas (científicos, técnicos, políticos y ciudadanos, en general son éticamente responsables de la gestión y toma de decisiones en cuestiones socio-científicas).

Finalmente, otra razón educativa, esencial y relevante para mejorar la alfabetización en CyT, es que la NdCyT aporta sentido global a la enseñanza de CyT (Bennàssar et al. 2010). Con frecuencia la educación científica es un factor de alienación y desafección para muchos estudiantes, que no encuentran sentido al aprendizaje de ciencias, porque no atiende sus intereses, necesidades o autoimagen (por ejemplo, muchas mujeres se encuentran incómodas estudiando ciencias). Por otro lado, la didáctica practicada en muchas aulas de ciencias (p. e. el memorismo tradicional para aprender leyes, modelos y teorías científicos) están en abierta oposición a la filosofía y valores de la ciencia que la NdCyT trata de preconizar (Aikenhead, 2006; Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2014). La ausencia del aula de los principios de NdCyT ayuda a la pervivencia de esas desviaciones, mientras que su presencia activa confiere un sentido global de coherencia a la enseñanza, el aprendizaje y la alfabetización, de modo que los principios de NdCyT constituyan el valor común que valida los aprendizajes de la alfabetización científica y tecnológica (Duschl, Maeng y Sezen, 2011).

En los últimos años, la necesidad de alfabetizar científica y tecnológicamente a la ciudadanía a través de la NdCyT ha desarrollado en la investigación en didáctica de las ciencias una línea en NdCyT que ha englobado la evaluación de las pobres concepciones de estudiantes y profesores NdCyT, cuyos resultados han conducido a plantear la mejora de su enseñanza, el desarrollo de currículos apropiados y la clarificación de la eficacia de los diferentes métodos de enseñanza en el aula. La publicación de “Next Generation Science Standards” (NGSS, 2013) en USA aporta una visión curricular reforzada, simplificada y renovada del campo, que está caracterizado por dos rasgos fundamentales de NdCyT: temas asociados a las prácticas científicas y temas transversales (la ciencia es una forma de saber, el conocimiento científico asume orden y consistencia en los sistemas naturales, la ciencia es una empresa humana y la ciencia se ocupa de cuestiones acerca del mundo natural y material).

España está aún alejada de estos estándares (Vázquez y Manassero, 2012b) y NdCyT sigue representando un reto en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, por su carácter innovador y complejidad, que añaden dificultad a la empresa (McComas y Olson, 1998). La investigación actual sobre NdCyT dirige sus esfuerzos, además de diagnosticar las ideas previas de estudiantes y profesores, a mejorar el aprendizaje de los estudiantes y la enseñanza de los profesores, y para ello se han centrado en el desarrollo curricular y la efectividad de la enseñanza en el aula. Ambos asuntos son complejos por la cantidad de factores generales intervinientes, cuya interacción cruzada contribuye a impedir, limitar o facilitar la enseñanza y la clarificación de la eficacia de los diferentes métodos. A pesar de la complejidad, algunas revisiones ayudan a organizar y sistematizar este campo (p. e. Acevedo, 2009; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2008).

El diseño y desarrollo de un currículo funcional para enseñar NdCyT, a pesar de su complejidad, ha avanzado gracias a la línea de investigación de “consensos”, que propone la existencia de determinados rasgos, que concentran el acuerdo y minimizan el disenso razonablemente entre los especialistas. Sin embargo, NdCyT sigue siendo compleja, multifacética, dinámica y con componentes del ámbito afectivo y ético que no pueden reducirse a una lista de temas como sugiere Lederman (2008) ni enseñarse como meros contenidos cognitivos, acabados y memorizables (“la ciencia es X”), sino como contenidos meta-cognitivos cuyo aprendizaje esté 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; Matthews, 2012). Con todo, los rasgos de consenso, se consideran contenidos adecuados para un currículo escolar de NdCyT, especialmente pensando en los estudiantes más jóvenes (ver una revisión en Vázquez y Manassero, 2012a). La principal consecuencia de esta línea de investigación es que los currículos de numerosos países contemplan ya temas de NdCyT como uno de sus contenidos oficiales, aunque las formas y diseños adoptados son diversos (Vázquez y Manassero, 2012b).

La gran cuestión de la 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, principalmente en ámbitos anglosajones, se dirigen a aclarar la efectividad de diversas metodologías para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la NdCyT. Estas investigaciones acerca de la efectividad educativa de diferentes aproximaciones didácticas para enseñar la NdCyT parecen decantar 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 considera que el aprendizaje de NdCyT no es un mero subproducto de otras enseñanzas y actividades, sino que por el contrario, sus contenidos deben hacerse claramente explícitos en las actividades. Ello requiere una planificación explícita y significativa de los elementos curriculares básicos (objetivos, contenidos y evaluación), así como su aplicación clara y fiel en el aula. El enfoque explícito suele ir unido a actividades meta-cognitivas de reflexión, es decir, actividades donde los estudiantes discuten explícita y realmente los contenidos de NdCyT (a través de preguntas, diálogos, debates, argumentación, actividades adicionales, etc.) En conclusión, el tratamiento intencional y explícito de contenidos de NdCyT junto con 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).

Para precisar más y evitar malentendidos, en este punto es importante volver a recalcar que la enseñanza de la NdCyT es parte de la alfabetización científica y tecnológica de todos. Por tanto, la enseñanza de NdCyT no pretende formar filósofos,

historiadores o sociólogos de la ciencia, de modo que la enseñanza pura y directa de contenidos de NdCyT no es apropiada en general, salvo tal vez en cursos específicos de nivel universitario. Otro hallazgo de la investigación sobre enseñanza de NdCyT es que una enseñanza efectiva explícita se puede lograr en el marco de diferentes contextos de enseñanza. Algunos de los contextos de enseñanza de NdCyT más empleados en estos estudios son los siguientes: actividades prácticas 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. Deng y sus colegas (2011) demuestran que el 88% de estudios con enfoques explícitos alcanzaron mejoras de la comprensión de la NdCyT estadísticamente significativas o reconocibles, por sólo el 47% de los implícitos. Además, tres estudios que compararon enfoques implícitos y explícitos probaron cambios favorables del enfoque explícito en los tres, 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 mayoría de las investigaciones sobre la enseñanza de NdCyT 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 (Khishfe, 2008). 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. Esta investigación se plantea la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de ciencia y tecnología (EANCYT) con estudiantes jóvenes latino-americanos en los diversos niveles educativos. El propósito de este trabajo es presentar los fundamentos teóricos y didácticos para afrontar el problema educativo de enseñar con calidad y eficacia contenidos de ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Estos fundamentos tienen tres apoyos básicos: la investigación sobre la enseñanza de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), las secuencias de enseñanza-aprendizaje y las teorías del aprendizaje de la ciencia.

Fundamentos Didácticos

Enseñanza y aprendizaje son dos conceptos diferentes, pero tan relacionados que un modelo de enseñanza tiene unas implicaciones específicas sobre el



aprendizaje, y viceversa, una teoría del aprendizaje propone exigencias concretas para la enseñanza.

El elemento clave que determina la enseñanza en el aula es la planificación específica de la intervención del profesor 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 (SEA) se está imponiendo hoy en la literatura (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004), nomenclatura que se usará aquí. La planificación específica de la enseñanza del profesor en el aula sobre un tópico específico se acoge a la teoría general sobre las SEA, que contempla integralmente los fundamentos de aprendizaje y las decisiones de enseñanza.

Una SEA es un conjunto articulado de actividades de enseñanza-aprendizaje sobre el tópico elegido, basadas en las prescripciones de la investigación y adaptadas al nivel evolutivo y a las pautas de las reacciones esperadas de los estudiantes (Buty et al., 2004). La SEA contiene un paquete de intervenciones curriculares, que constituyen, a la vez, una actividad de investigación (prueba unas actividades y un diseño) y un producto (resultados de aprendizaje previstos). Una SEA debe incluir la descripción de 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.

La creación de una SEA implica un proceso de desarrollo, con el objetivo de vincular las perspectivas de los científicos y de los estudiantes, que produce actividades de aprendizaje con atención especial a las concepciones de los alumnos, las características y conocimientos del dominio de NdCyT, 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 SEA de calidad consiste en articular y dar coherencia a este complejo conjunto de elementos (Buty et al., 2004).

La implementación de la SEA al aula es una parte del problema más general y habitual de la transferencia de los resultados de investigación a la práctica del aula, puesto que el diseño de SEA es realizado por investigadores distintos de los aplicadores, que habitualmente no han participado en su diseño. En consecuencia, la transferencia de la SEA implica un trabajo de apropiación de la misma por el

profesorado aplicador.

Las SEA están muy ligadas a los aprendizajes de inspiración activa y constructivista (Duschl et al. 2011). 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 en el aula. Una SEA incluye un proceso evolutivo basado en la investigación con el objetivo de vincular las perspectivas de los científicos, los profesores y los estudiantes. Está encaminado a crear un estrecho vínculo entre la enseñanza y el aprendizaje de un tema en particular.

Aunque actualmente están vigentes en la literatura diversas teorías del aprendizaje, las teorías constructivistas, caracterizadas por el reconocimiento del papel central que juegan los conocimientos previos de los alumnos, son especialmente importantes en el aprendizaje significativo de la ciencia. Dentro de esta orientación, el logro de aprendizaje significativo requiere que se produzca el cambio conceptual. Driver, Leach, Millar y Scout (1996) distinguen los tres tipos de cambio conceptual siguientes (ordenados de más sencillo a más complejo):

- (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 al aprendiz. 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 consiste en hacer que las ideas científicas estén disponibles en el plano social común, para apoyar el proceso de aprendizaje de cada estudiante, ayudando en la internalización de las ideas. Las actividades de discusión y argumentación social en el aula juegan un papel importante en el aprendizaje del estudiante (Leach y Scott, 2002).

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 docente (estructuras didácticas y conocimiento didáctico del contenido) que se hacen converger en un modelo operativo de planificación de la enseñanza, que se aplica como fundamento de la enseñanza de la NdCyT en el proyecto EANCYT.

Una de las propuestas centrales de la enseñanza es el concepto de conocimiento didáctico del contenido (CDC), que resalta la idea que el profesor no solo debe conocer y dominar la materia científica de la enseñanza, sino que además debe dominar y conocer las herramientas didácticas que permiten implementar en la práctica una enseñanza eficaz para lograr aprendizajes significativos (Shulman, 1986). Posteriormente, Loughran, Berry y Mulhall (2012) han elaborado el concepto de CDC añadiendo 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, que es una visión general de los contenidos de la enseñanza de un tema (qué se intenta que los estudiantes aprendan y qué no, por qué es importante para los estudiantes aprender el tema, dificultades o limitaciones de la enseñanza, ideas de los estudiantes que influyen el aprendizaje, métodos de enseñanza, anticipación las respuestas de los estudiantes y otros factores que influyen la enseñanza), y
- los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica que 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 aprendizaje sobre las ideas que queremos enseñarles. Las estructuras didácticas

prestan gran atención a las dimensiones de motivación, metacognitivas y de desarrollo conceptual.

El concepto de "estructuras didácticas" ha sido desarrollado por Kortland (2001) en cinco fases del proceso de enseñanza-aprendizaje (motivación, pregunta, investigación, aplicación y reflexión). Posteriormente, 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 (Extraer-Elicitar, Envolver, Explorar, Explicar, Elaborar, Extender y Evaluar) que se ha hecho popular. Extraer-Elicitar (hacer emerger las concepciones previas de los estudiantes, para diagnosticar las necesidades de los estudiantes en las próximas fases), Envolver (motivar e involucrar a los estudiantes, despertar su interés y curiosidad, teniendo en cuenta también su diversidad), 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.), Explicar (usar conceptos, terminología, hechos, leyes, etc. para interpretar y reforzar los resultados de la fase de exploración), Elaborar (transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios del entorno próximo, proponer preguntas o resolver problemas nuevos), Extender (transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios, cuestiones y contextos más lejanos de los estudiantes y creatividad), Evaluar (aplicar métodos e instrumentos de evaluación formativa a todos los aspectos relevantes del aprendizaje).

Las teorías anteriores y la práctica de la enseñanza han desarrollado los conceptos de conocimiento didáctico del contenido (CDC) y estructuras didácticas, que convergen en un modelo operativo de planificación de la enseñanza, que se ha aplicado al diseño de SEA para la enseñanza de la NdCyT. La SEA plasma 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.

Estas estructuras didácticas específicas participan del marco teórico general de las secuencias de enseñanza y aprendizaje y las progresiones de aprendizaje (Duschl et al. 2011), cuyos elementos básicos (concepciones de los alumnos, características del dominio científico específico, supuestos epistemológicos, perspectivas de aprendizaje, teorías y enfoques pedagógicos, características del contexto educativo, análisis de contenido, motivaciones y limitaciones de la educación) se aplican y



desarrollan en el material de enseñanza del proyecto EANCYT.

Todos estos fundamentos han sido aplicados en el diseño del esquema general de las secuencias de enseñanza-aprendizaje del proyecto EANCYT (tabla 1). Los investigadores aplican el esquema abstracto de la tabla 1 a la construcción de las secuencias específicas para cada tema CTS que se presentan en el cuerpo principal de esta publicación.

Metodología de la Investigación

La investigación EANCYT se plantea como un conjunto de acciones similares, realizadas por un equipo internacional iberoamericano amplio y multidisciplinar para verificar la eficacia de la intervención experimental sobre la mejora en NdCyT.

Muestra

La muestra está compuesta por estudiantes y profesores en formación en sus grupos-aula naturales que aprenden temas de NdCyT. Para tener una perspectiva longitudinal del sistema educativo, se seleccionan las muestras distribuidas regularmente a lo largo de los diferentes niveles.

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 aplican en las intervenciones son de dos tipos: de intervención didáctica o secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) de NdCyT (una planificación de una lección sobre un rasgo de NdCyT a impartir a los estudiantes) y de evaluación de la mejora conseguida. En la metodología de la investigación, la intervención didáctica se denomina el tratamiento experimental y el objeto de esta publicación es mostrar las diferentes SEA elaboradas para enseñar los diversos temas de NdCyT.

La evaluación del aprendizaje de la comprensión de la NdCyT por los estudiantes, después de aplicarles una SEA como instrumento de enseñanza se evalúa mediante un diseño pre-test / post-test, es decir, se comparan las puntuaciones que obtienen los estudiantes antes y después de la aplicación de la SEA.

El instrumento 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 2. Un ejemplo de una cuestión de evaluación (pre y pos test) 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 et al. 2010; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005, 2006).

Tabla 1 - Diseño del esquema general de las secuencias de enseñanza-aprendizaje del proyecto EANCYT (el orden de las actividades no es prescriptivo, sino meramente orientativo).

TÍTULO		Nº SESIONES	
JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen)		NIVEL/ETAPA (años)	
RELACIÓN CON EL CURRÍCULO		CURSO	
COMPETENCIA(S) BÁSICA(S)		ÁREA	
OBJETIVOS		BLOQUE	
REQUISITOS			
Tiempo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología/ organización	Materiales / Recursos
	ENGANCHAR Introducción-motivación		
	EXTRAER-ELICITAR Conocimientos previos		
	Actividades de Desarrollo		
	EXPLICAR Contenidos		
	EXPLICAR Procedimientos		
	EXPLICAR Actitudes		
	EXPLORAR Consolidación		
	Evaluar		
	Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar)		
	Criterios/indicadores		
	EXTENDER Actividades de refuerzo		
	EXTENDER Actividades de recuperación		
	EXTENDER Actividades de ampliación		
	Comentarios		



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 y 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 y Acevedo, 2005, 2006).

Tabla 2 – Ejemplo de una de las cuestiones aplicada para la evaluación.

70221 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales.
A. Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial.
B. Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría haya sido comprobada con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.
C. Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos estarán influidos por sus sentimientos personales, mientras que otros se cumplirán su deber de tomar sus decisiones basándose sólo en los hechos.
D. Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones serán influidas, en alguna medida, por sus propios sentimientos internos, por su opinión sobre la teoría, o por beneficios personales tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.
E. Las decisiones de los científicos se basan menos en los hechos y más en sus propios sentimientos, su opinión personal sobre la teoría, o en los beneficios personales, tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.

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 (Secuencias de Enseñanza) 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. El modelo general se ajusta a un diseño pre-test – intervención – post-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 2).

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

Figura 2 – Esquema del diseño experimental del proyecto EANCYT para verificar la eficacia de la enseñanza explícita y reflexiva.

El pre-test se aplica un mes y medio antes de aplicación de la SEA y el post-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 las diferencia negativa que ha empeorado.

Secuencias de Enseñanza Aprendizaje

El objetivo central de la investigación EANCYT 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. Como resultados del proyecto se presentan aquí las SEA aplicadas en los procesos de investigación.

La coordinación de la aplicación de una SEA requiere la elaboración de directrices e instrumentos de apoyo que faciliten a los profesores de distintos países y lugares la apropiación e integración en el currículo de cada aula de la SEA. La figura 3 muestra un diagrama del proceso, que además de prescribir las acciones requeridas, también contempla el uso de las distintas plataformas del proyecto EANCYT donde residen los instrumentos necesarios para las aplicaciones de aula.

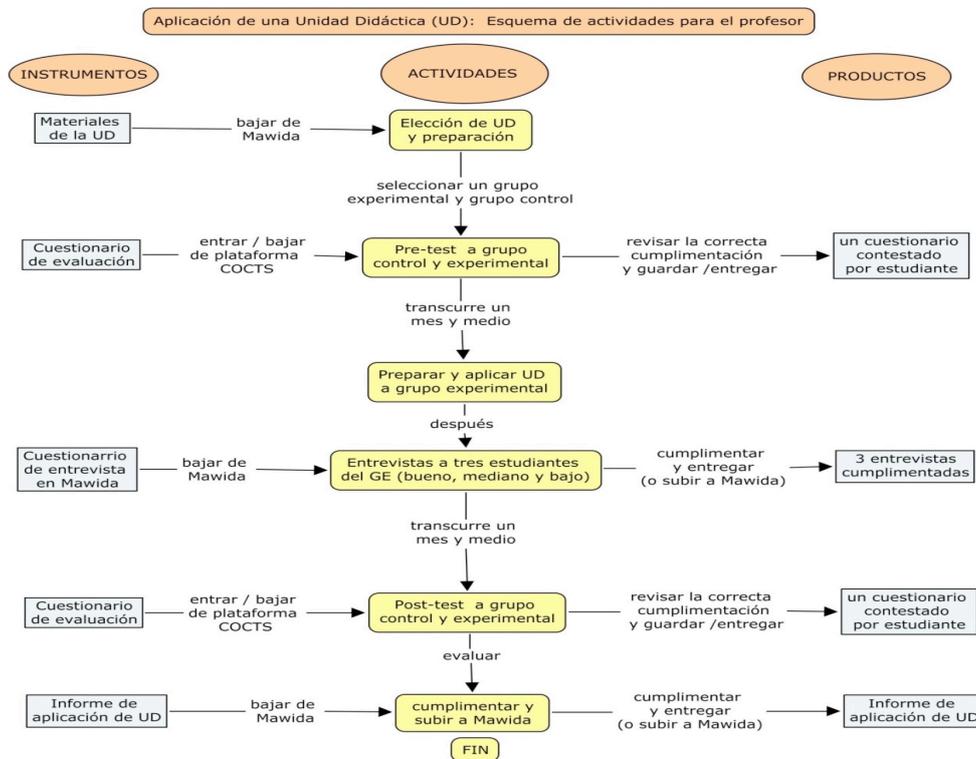


Figura 3 – Diseño de las actividades del profesor para la aplicación de una secuencia de aprendizaje del proyecto EANCYT.

Un profesor que aplica una secuencia de aprendizaje EANCYT debe seguir el esquema reflejado en la figura 4, 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.

The screenshot displays the EANCYT web application. At the top, it shows the user is logged in as 'Nerina Dumit' from 'España - Argentina (es_ar)'. The main navigation bar includes 'Usuarios en línea' (showing 2 users: Nerina Dumit and Raúl Moralejo), 'Cursos disponibles' (listing 'ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE' coordinated by Ángel Vazquez Alonso), and 'Para conocimiento' (highlighting the project's funding by the Spanish Ministry of Science and Innovation). The central content area features a detailed description of the project's objectives and a list of participants. On the left, there is a calendar for May 2012 and a navigation menu. On the right, a 'Menú principal' provides quick access to various project documents and tools.

Figura 4 – Plataforma en línea para la gestión del proyecto EANCYT (<https://eancyt.libreduca.com/login>).

Además, el proyecto usa otra documentación creada por la investigación para documentar y justificar debidamente todas las actividades desarrolladas por cada profesor e investigador. Está formada por los siguientes instrumentos: cuestionarios de entrevistas a alumnos, informe de aplicación de la unidad didáctica del profesor



aplicador y las plataformas de apoyo informático en línea.

Las plataformas en línea son instrumentos de comunicación entre los investigadores, recogida y elaboración de datos, organización de los profesores aplicadores externos al proyecto, donde estos encuentran on-line los instrumentos que deben usar con sus estudiantes en las diversas etapas de la aplicación experimental, así como las orientaciones y pautas en el desarrollo de la aplicación. La plataforma EANCYT-Mawida (figura 4) contiene toda la información documental y de actividades del proyecto y la plataforma COCTS está diseñada para atender las necesidades de la evaluación pre y post test.

Nombre	Identificador	Año	Tipo de carga	Vencimiento	Instancias
Ciencia y Pseudociencia: ¿Cómo se construye el conocimiento científico? - 9-1...	232-c-pre	2012	Manual	28/02/2013	Nueva Listado
Ciencia y pseudociencia - JUDY VARGAS	386-t-pre	2013	Manual	31/12/2013	Nueva Listado
Ciencia y pseudociencia - JUDY VARGAS	387-t-pos	2013	Manual	31/12/2013	Nueva Listado
COLECTIVIZACIÓN - JUDY VARGAS	352-e-pos	2013	Manual	31/12/2013	Nueva Listado
¿Dos culturas o dos prejuicios? - JUDY VARGAS	385-t-pos	2013	Manual	31/12/2013	Nueva Listado
¿Dos culturas o dos prejuicios? - JUDY VARGAS	384-t-pre	2013	Manual	31/12/2013	Nueva Listado
El Metabolismo Energético - Orlando Fals Borda Décimo	275-e-pos	2012	Manual	31/12/2012	Nueva Listado
INVESTIGANDO DRAGONES DUITAMA 602	410-c-pos	2014	Manual	30/06/2014	Nueva Listado
INVESTIGANDO DRAGONES DUITAMA 602	403-c-pre	2014	Manual	30/06/2014	Nueva Listado
Investigando Dragones - ITRRD 601	276-e-pos	2012	Manual	31/12/2012	Nueva Listado

Figura 5 – Aspecto de la plataforma en línea COCTS que sistematiza la recogida de datos de evaluación de las aplicaciones (cocts.com.ar) donde se aprecia una lista parcial de proyectos existentes en ella.

La plataforma COCTS es un repositorio de los datos generados por la aplicación del pre-test y post-test que evalúan cada SEA y sistematiza la recogida de datos de evaluación de las SEA (figura 5) según los distintos proyectos de aplicación. Habitualmente, cada proyecto de aplicación corresponde a un grupo de alumnos a quienes se ha aplicado una SEA concreta.

DATOS INDIVIDUALES (escriba o marque una cruz en las casillas siguientes).

¿Cuál es su nombre? _____

¿Cuál es el nombre de su profesor? _____

¿En qué país vive? Argentina Brasil Colombia España México Portugal Panamá Otro

¿Cuál es su edad en años? _____

¿Es hombre o mujer? Hombre Mujer

¿Cuál es el nivel escolar (grado o curso) de sus estudios actuales?

ESTUDIOS ANTERIORES A LA UNIVERSIDAD: Cursos: 1 (edad aprox. 6) Cursos: 2 (edad aprox. 7) Cursos: 3 (edad aprox. 8) Cursos: 4 (edad aprox. 9) Cursos: 5 (edad aprox. 10) Cursos: 6 (edad aprox. 11) Cursos: 7 (edad aprox. 12) Cursos: 8 (edad aprox. 13) Cursos: 9 (edad aprox. 14) Cursos: 10 (edad aprox. 15) Cursos: 11 (edad aprox. 16) Cursos: 12 (edad aprox. 17) Cursos: 13 (edad aprox. 18) Cursos: 14 (edad aprox. 19) Cursos: 15 (edad aprox. 20)

ESTUDIOS EN LA UNIVERSIDAD: Grados: Primero (edad aprox. 18) Grados: Segundo (edad aprox. 19) Grados: Tercero (edad aprox. 20) Grados: Cuarto (edad aprox. 21) Grados: Quinto (edad aprox. 22) Grados: Sexto (edad aprox. 23) Grados: Post-grado Grados: Máster Otro _____

¿Cuántas asignaturas diferentes estudia este año? _____

¿Cuántas asignaturas de ciencias o tecnología estudia este año? _____

¿Las asignaturas de ciencias o tecnología que estudia este año son obligatorias o han sido elegidas?

Todas son obligatorias, no he podido elegir ninguna de estas asignaturas

Todas son obligatorias, no he podido elegir ninguna de estas asignaturas, pero sí he elegido los estudios de ciencias, tecnología, matemáticas, ingenierías, etc. donde están estas asignaturas

Algunas de estas asignaturas son obligatorias y otras han sido elegidas por mí

Todas estas asignaturas han sido elegidas por mí

¿En qué centro educativo estudia? _____

¿En qué ciudad se encuentra su centro educativo? _____

Figura 6 – Cuestionario de contexto de la plataforma COCTS para recoger datos del contexto individual de cada alumno.

Las entradas de la plataforma COCTS son las respuestas de los alumnos a las pruebas aplicadas en el pre-test y en el post-test así como las respuestas a un pequeño cuestionario de contexto (país, edad, sexo, nivel escolar, número de asignaturas, asignaturas de ciencias, etc.). La figura 6 muestra el cuestionario de contexto, con las preguntas que recogen los datos individuales de cada alumno.

Las cuestiones que forman el pre test y post test son un conjunto de preguntas como la ejemplificada en la tabla 2. Las respuestas directas de los estudiantes a cada una de las frases contenidas en estas cuestiones se reelaboran con la métrica explicada en la metodología para generar una serie de índices normalizados que expresan el valor de las respuestas dadas por los estudiantes con respecto a las ideas adecuadas actuales de los especialistas en ciencia tecnología y sociedad.

Las respuestas de los estudiantes se promedian para cada uno de ellos. Este promedio es un indicador de la comprensión media de cada estudiante sobre las cuestiones de naturaleza de la ciencia y tecnología incluidas en el test de cada proyecto aplicado. La plataforma muestra las puntuaciones medias en una lista individualizada como la reflejada en la figura 7.



Proyecto 702. Los científicos construyen explicaciones. El caso de: "Un nuevo planeta"

Secuencias de Enseñanza Aprendizaje

Los científicos construyen explicaciones. El caso de: "Un nuevo planeta" (10113 60211 70221 70611 70621 90621)

Índices actitudinales

Grupo control
Pre-test

Nombre del profesor: Katia, Katia Ferragut, Katia Ferragut , Katia Ferragut Planells, Kàtia Ferragut, Kati Ferragut, Katia Feragut, Katia Ferregut

Alumno	Índice global actitudinal medio
	0.06
	-0.08
	0.11
	0.06
	0.08
	-0.12
	-0.12
	0.12
	0.12
	-0.12
	-0.12
	0.12
	0.09
	-0.14
	0.10
	0.09

Figura 7 – Índices globales actitudinales de cada estudiante calculados como las puntuaciones medias de los índices de todas las frases respondidas por el estudiante.

Además de las puntuaciones medias de los índices individuales, la plataforma también ofrece los resultados medios de todas las frases y cuestiones correspondientes a todo el grupo (índice actitudinal global ponderado), así como los resultados medios de los índices de todo el grupo, correspondientes a las tres categorías de las frases contenidas en las cuestiones: índice actitudinal medio de las frases adecuadas, frases ingenuas, y frases plausibles (figura 8).

Índice actitudinal por categoría
Índice actitudinal de categoría adecuada: 0.18
Índice actitudinal de categoría plausible: 0.09
Índice actitudinal de categoría ingenua: -0.18
Índice actitudinal global ponderado: 0.03

Figura 8 – Índices actitudinales medios del grupo de estudiantes que comprende el índice actitudinal global ponderado y los índices actitudinales de cada una de las tres categorías de frases (adecuadas, ingenuas, plausibles).

Epílogo

El resultado más sistemáticamente repetido en los estudios preliminares de la investigación EANCYT es el siguiente: como consecuencia de la enseñanza explícita y reflexiva de un rasgo concreto de NdCyT, los estudiantes mejoran la comprensión de la idea central de cada cuestión de evaluación (representada por la categoría de frases adecuadas), mientras que sistemáticamente, no mejoran o empeoran, la comprensión de las ideas ingenuas o plausibles (Vázquez-Alonso, Aponte, Manassero-Mas y Montesano, 2014; Hugo, Olavegogeochea, Salica, Orlandini y Àvila, 2014). Puesto que estas ideas (ingenuas o plausibles) son lógicamente contradictorias (total o parcialmente) con la idea adecuada cuya comprensión ha mejorado, la conclusión es que los estudiantes no perciben esta contradicción lógica. En conclusión, los estudiantes necesitan desarrollar destrezas de pensamiento crítico que les permitan consolidar la mejora de la comprensión de la NdCyT en todos los aspectos, de modo que el desarrollo de esas destrezas debería ser una prioridad para completar la efectividad de la enseñanza de la NdCyT.

Los resultados y la tecnología didáctica creada en la investigación EANCYT 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, generar formación investigadora, fomentar el trabajo en equipo internacional cooperativo y las redes CTS. Esta transferencia irá acompañada de los resultados de eficacia obtenidos por cada instrumento en la aplicación experimental 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.

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). Como solución a estos inconvenientes, 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 permite comparaciones entre diversos tratamientos didácticos (SEA) para enseñar NdCyT y también entre diversas investigaciones que usan el mismo instrumento de evaluación y diferentes planteamientos didácticos o investigadores.

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.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York, NY: Teachers College, Columbia University.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, 518–542.
- Bennàssar, 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: OEI. Consultado en www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf.
- 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.

- 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.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y 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, 123-182.
- Echeverría, J. (2010). De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia. *Daímon Revista Internacional de Filosofía*, 50, 31-41.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht: Springer.
- Fourez, G. (1997). Scientific and technological literacy as a social practice. *Social Studies of Science*, 27, 903–936.
- 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.
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and value*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hugo, D., Olavegogeochea, M., Salica, M., Orlandini, L. y Àvila, S. (2014). Innovar e investigar la formación CTS inicial de profesores de ciencias aplicando una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre las decisiones tecnológicas. *Unipluri/versidad Revista* 41, 14(2), 72-80.
- Irzik, G. y Nola, R. (2014). New Directions for NOS Research. En M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999-1022). Dordrecht: Springer.
- Jenkins, E. W. (1996). The “nature of science” as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 137-150.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
- Leach, J. y 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.

- 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.
- Lijnse, P. (1995). "Developmental Research" as a way to an empirically based "Didactical Structure" of Science. *Science Education*, 79 (2), 189-199.
- Loughran, J., Berry, A. y Mulhall, P. (Eds.) (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publis.
- 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.
- McComas, W. F., y Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- 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>
- 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.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. En S. Sjøberg y E. Kallerud (eds.), *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy*, (pp. 9-28), Oslo, NIFU.
- Vázquez, A. (2014). Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación en la Formación de Docentes en Educación CTS en el contexto del siglo XXI. *Uni-pluri/versidad Revista 41*, 14(2), 37-49.

- Vázquez-Alonso, Á., Aponte, A., Manassero-Mas, M. A. y Montesano, M. (2014). Una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre un tema socio-científico: análisis y evaluación de su aplicación en el aula. *Educación Química*, 25, 190-202.
- Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, 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-Alonso, Á. y Manassero-Mas, 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, A., Manassero, M. A., y 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). Consultado en <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contents-vazquez.html>
- 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.