

# INVESTIGACIONES COOPERATIVAS IBEROAMERICANAS SOBRE CIENCIA-TECNOLOGÍA- SOCIEDAD

## DOS PROYECTOS EJEMPLARES SOBRE EVALUACIÓN Y ENSEÑANZA DE TEMAS CONCRETOS<sup>1</sup>

**Ángel Vázquez Alonso\***, **María Antonia Manassero Mas\*\***, **Silvia Porro\*\*\***, **Cristina Vallés Rapp\*\*\*\***, **Alvaro Chrispino\*\*\*\*\***, **Maria Delourdes Maciel\*\*\*\*\***, **Ricardo Pereira Sepini\*\*\*\*\***

**SÍNTESIS:** El artículo presenta dos proyectos de investigación cooperativa desarrollados por diversas instituciones en un conjunto de países (europeos y americanos) de lenguas ibéricas entre 2005 y 2013, período que incluye los procesos de preparación para solicitarlos y la fecha de finalización del segundo de ellos, actualmente en desarrollo. Aunque ambos fueron planificados antes de la publicación del documento sobre las Metas Educativas 2021, los objetivos e indicadores aplicados a la investigación educativa y a la educación en ciencia y tecnología (CyT) de dichas Metas coinciden con los objetivos de las dos iniciativas ejemplares, que tienen como marco la orientación ciencia-tecnología-sociedad (CTS), ahora también denominada naturaleza de ciencia y tecnología (NdCyT).

En el primero «Proyecto iberoamericano de evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad» (PIEARCTS), se realizó una evaluación transnacional de las actitudes y creencias que, respecto

<sup>1</sup> Proyecto de Investigación edu2010-16553 financiado con ayuda del Plan Nacional de I+D+i, del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

\* Profesor e investigador de la Universidad de las Islas Baleares (UIB) e inspector de educación en la Consejería de Educación y Cultura de las Islas Baleares, España.

\*\* Catedrática de Psicología Social en la Facultad de Psicología de las Islas Baleares, España.

\*\*\* Profesora, directora del programa de investigación Escuela, Diferencia e Inclusión de la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

\*\*\*\* Profesora doctora en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Escuela Universitaria de Magisterio de Segovia de la Universidad de Valladolid, España.

\*\*\*\*\* Profesor de los programas de posgrado en el Centro Federal de Educación Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Brasil.

\*\*\*\*\* Profesora de los programas de posgrado en la Universidad Cruzeiro do Sul, Brasil.

\*\*\*\*\* Doctorando en Enseñanza de Ciencias y Matemática en la Universidad Cruzeiro do Sul, Brasil.

de esas cuestiones, tienen los estudiantes y profesores de los países participantes. La muestra final evaluada superó las 16.000 personas, y los resultados señalan que ni los docentes ni los alumnos poseen una adecuada comprensión de muchos de los temas de CTS-NdCyT y que esas creencias varían entre grupos (entre países, ciencias y humanidades, hombres y mujeres, estudiantes universitarios de primer y último año, profesores en formación y profesores con experiencia).

En el segundo proyecto, «Enseñar y aprender acerca de la naturaleza de ciencia y tecnología (EANCyT): una propuesta innovadora para la educación», se diseñan secuencias didácticas para enseñar contenidos específicos de CTS-NdCyT a estudiantes en sus aulas a fin de evaluar empíricamente su eficacia y calidad educativas. Se han ideado y elaborado secuencias sobre cuatro decenas de temas que, en la actualidad, se aplican en los salones de clase de los países participantes. Para terminar, se comentan aspectos concretos e impacto de la puesta en práctica de ambas iniciativas de cooperación y se mencionan los beneficios que para la práctica educativa tienen los materiales creados y los resultados de eficacia obtenidos en su aplicación experimental, disponibles para los docentes.

**Palabras clave:** ciencia-tecnología-sociedad; naturaleza de ciencia y tecnología; didáctica de ciencias experimentales.

**PESQUISAS COOPERATIVAS IBERO-AMERICANAS SOBRE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE. DOIS PROJETOS INSTÂNCIAS SOBRE AVALIAÇÃO E ENSINO DE TEMAS CONCRETOS DE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE**

*Apresentam-se dois projetos de pesquisa cooperativa desenvolvidos por diversas instituições em um conjunto de países (europeus e americanos) de línguas ibéricas, entre 2005 e 2013, datas que incluem os processos de preparação para solicitá-los e a data de finalização do segundo, atualmente em desenvolvimento. Embora ambos os projetos tenham sido planejados antes da publicação do documento sobre as Metas Educativas 2021, objetivos e indicadores aplicados à pesquisa educativa e à educação em CyT das Metas 2012 coincidem com os objetivos dos dois projetos exemplares. Ambos têm como campo a orientação ciência-tecnologia-sociedade (CTS), agora também denominada natureza de ciência e tecnologia (NdCyT). O primeiro projeto realizou uma avaliação transnacional das atitudes e crenças em relação a essas questões por parte de estudantes e professores dos países participantes; a mostra final avaliada superou as 16 mil pessoas e os resultados mostram que estudantes e professores não possuem uma adequada compreensão de muitos temas (CTS-NdCyT e que essas crenças variam entre grupos (entre países, ciências e humanidades, homens e mulheres, estudantes universitários de primeiro e último ano, professores em formação e professores com experiência). O segundo projeto apresenta sequências didáticas para ensinar temas específicos CTS-NdCyT a estudantes em suas salas de aula para avaliar empiricamente sua eficácia e qualidade educativa; projetaram-se e elaboraram-se sequências sobre quatro dezenas de temas e, atualmente, estão se aplicando nas salas de aula dos países participantes. Finalmente, comentam-se aspectos concretos da aplicação de ambos os projetos em alguns países participantes*

**Palavras-chave:** ciencia-tecnología-sociedad; naturaleza de ciencia y tecnología; didáctica de ciencias experimentales.

**IBERO-AMERICAN COOPERATIVE RESEARCH ON SCIENCE-TECHNOLOGY-SOCIETY. TWO EXEMPLARY PROJECTS ON ASSESSMENT AND TEACHING ON SPECIFIC SUBJECTS**

**ABSTRACT:** *The paper presents two cooperative research projects developed by several institutions in a set of countries (European and American) with iberian languages between 2005 and 2013, a period that includes the processes of preparation to request them, and the date of completion of the second of these, currently under development. Although both were planned before the publication of the document on the Educational Goals 2021, targets and indicators applied to educational research and education in science and technology (S&T) of these goals coincide with the objectives of the two exemplary initiatives, which have as a framework the orientation science-technology-society (STS), now also called nature of science and technology (NdCyT).*

*In the first, «Ibero-american Project Evaluation of Attitudes Related to Science, Technology and Society» (PIEARCTS), was done a transnational evaluation of attitudes and beliefs that, regarding to these issues, have the students and teachers in the participating countries. The final sample evaluated exceeded 16,000 people and the results indicate that neither the teachers nor the students have an adequate understanding of many of the themes of sts-ndcyt and that these beliefs vary between groups (between countries, sciences and humanities, men and women, university students of first and last year, teachers in training and experienced teachers).*

*In the second project, «Teaching and Learning about the Nature of Science and Technology (EANCYT): an Innovative Proposal for Education», didactic sequences are designed to teach specific content of sts-ndcyt to students in their classrooms in order to empirically assess its effectiveness and education quality.*

*There have been designed and developed scripts on four dozens of topics, which currently apply in the classrooms of the participating countries. Finally, we comment on specific aspects and on the impact of the implementation of both initiatives of cooperation and are also mentioned the benefits that for the educational practice have created materials and the efficacy results in its experimental application, available for teachers.*

**Keywords:** *science-technology-society; the nature of science and technology; didactics of experimental sciences.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los objetivos e indicadores aplicados a la investigación educativa y a la educación en ciencia y tecnología (CyT) en la iniciativa Metas Educativas 2021: la educación que queremos para la generación de los Bicentenarios (OEI, 2010), que incentiva los esfuerzos para desarrollar cooperativamente la investigación en el ámbito iberoamericano, también constituyen el fundamento de los proyectos que aquí se abordan y que, aun habiéndose desarrollado –y uno de ellos completado– antes de la publicación de la iniciativa de la OEI,

constituyen elementos ejemplares de la cooperación transnacional que la misma propone. Así, las Metas son el marco referencial para la exposición del presente artículo que comienza haciendo explícitos los objetivos y propuestas contenidos en esa iniciativa.

Entre sus objetivos, el documento final propone un programa de alfabetización y educación a lo largo de la vida (OEI, 2010, p. 252), ampliar el espacio iberoamericano del conocimiento y fortalecer la investigación científica (Meta general novena [OEI, 2010, p. 158]), promoviendo la generación de redes y la movilidad de estudiantes e investigadores, así como el fomento de la investigación científica y la innovación. La primera gran tarea que es preciso llevar adelante consiste en apoyar a los equipos de investigación iberoamericanos e incrementar los recursos públicos y privados para investigación, desarrollo e innovación. Además, la OEI potencia de forma prioritaria el fomento y la constitución de redes interuniversitarias que desarrollen proyectos cooperativos de investigación, desarrollo e innovación y el apoyo de una política de publicaciones de libros y revistas. En particular, la Meta específica 22<sup>2</sup> propone apoyar la creación de redes universitarias para la colaboración de investigadores iberoamericanos y el indicador 18<sup>3</sup> pretende aumentar el porcentaje de alumnos que elige formación científica o técnica en los estudios posobligatorios.

80

En suma, los objetivos e indicadores anteriores, aplicados a la investigación educativa y la educación en CyT, son los puntos de convergencia de los proyectos cooperativos que se abordan en este artículo con las Metas Educativas 2021.

## 2. EL TEMA: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD, NATURALEZA DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA (O COMO QUIERA QUE SE LLAME)

Existe un consenso cada vez mayor sobre la importancia del concepto de alfabetización científica y tecnológica en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, en el sentido de que este concepto representa el objetivo clave de la educación científica para todos y está formado por dos componentes principales: la comprensión *de* la ciencia (los tradicionales

---

<sup>2</sup> Incluida en la Meta general novena.

<sup>3</sup> Este indicador está incluido en la Meta general quinta: mejorar la calidad de la educación y el currículo escolar // Meta específica 12: ofrecer un currículo que incorpore la lectura y el uso del computador en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en el que la educación artística y la educación física tengan un papel relevante, y estimule el interés por la ciencia, el arte y el deporte entre los alumnos // Indicador 18. Porcentaje de alumnos que elige formación científica o técnica en los estudios posobligatorios.

conceptos y procesos de la ciencia) y la comprensión *acerca* de la ciencia o naturaleza de la ciencia (ideas y actitudes acerca de la ciencia como una forma de conocer y actuar en el mundo). La comprensión de la naturaleza de la ciencia es un contenido habitual de los nuevos currículos de ciencias aprobados en muchos países durante los últimos años. Sin embargo, estos contenidos, complejos e innovadores, han focalizado recientemente mucha investigación en didáctica de CyT, características ambas que los hace poco populares entre el profesorado, porque critican e innovan la educación tradicional de CyT centrada solo en la enseñanza de conceptos, leyes y teorías (ACEVEDO y OTROS, 2007). Asumiendo la integración actual entre ciencia y tecnología (CyT), el concepto de naturaleza de la ciencia se extiende de una manera natural para denominarse naturaleza de la ciencia y tecnología (NdcyT).

En la literatura existen diversas visiones de NdcyT que subrayan distintos aspectos implicados en la misma (HODSON, 2009; MILLAR, 2006; RUDOLPH, 2000). Básicamente, el concepto se refiere a todos aquellos contenidos que ilustran el funcionamiento de la CyT como formas de obtener conocimientos, teóricos y prácticos, sobre el mundo natural, y engloba de manera tradicional contenidos de historia, filosofía y sociología de CyT, también denominados relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). En sentido estricto, algunos interpretan dicho concepto como el conjunto de métodos y principios aplicados por los científicos para mejorar el conocimiento, visión que coincide con la epistemología de la ciencia. En sentido lato, la NdcyT se refiere no solo al conocimiento puramente científico, diferenciado del conocimiento tecnológico, sino que integra la CyT como caras de la misma moneda, y a todos los aspectos humanos, psicológicos, culturales, históricos, políticos, económicos y sociales implicados.

Por tanto, la NdcyT debe contemplar en toda su amplitud las características de ambas como empresas humanas, es decir, realizadas por personas (científicos y tecnólogos) con todas las virtudes y limitaciones de la condición humana. Esta visión amplia de la NdcyT incluye las características personales y comunitarias de los científicos y tecnólogos, y su contribución a la construcción social del conocimiento; esto es lo que se denomina sociología interna de la comunidad científica. El reconocimiento explícito de la ciencia y la tecnología como empresas humanas contiene también las características del sistema de CyT en interacción con la sociedad que lo sostiene, en un intercambio mutuo, donde la ciencia y la tecnología influyen sobre la sociedad y, a su vez, la sociedad condiciona y opera sobre el sistema de CyT (sociología externa de ciencia y tecnología). En suma, la NdcyT comprende las diversas y complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad que han dado lugar al progreso en el conocimiento científico y en la creación de ambientes artificiales confortables (sanidad, transportes, educación comunicaciones, etcétera).

En la investigación, debido a su carácter social, humanístico, complejo y dialéctico, los contenidos de NdCyT han recibido diversos nombres. La denominación «ideas sobre la ciencia» subraya su contenido de conocimientos, mientras que la calificación «opiniones o creencias» resalta su carácter discutible y dialéctico. En nuestros trabajos se denominan «actitudes» porque este concepto, tomado de la psicología social, por su propia definición comprende e incluye de una manera natural a los anteriores. Las actitudes tienen tres componentes: uno cognitivo, otro de evaluación afectiva (acuerdo o desacuerdo) y uno de disposición a actuar y a tomar decisiones. En resumen, la denominación de actitudes se ajusta mejor al tipo de cogniciones, acciones y evaluaciones implicadas en las distintas posiciones sobre los temas y contenidos propios de naturaleza de la ciencia y tecnología.

El desarrollo de un currículo apropiado de NdCyT y la efectividad de su enseñanza en el aula (que engloba los aspectos de aprendizaje) han sido tema de numerosos trabajos. Ambos asuntos son muy complejos por la cantidad de factores cruzados intervinientes que impiden, limitan o facilitan la enseñanza de la NdCyT y la clarificación de la eficacia de los diferentes métodos, aunque algunas revisiones recientes ayudan a organizar y sistematizar este campo (p. ej. ACEVEDO, 2009; GARCÍA-CARMONA, VÁZQUEZ y MANASSERO, 2011; LEDERMAN, 2007).

82

La complejidad de NdCyT como contenido de enseñanza surge del carácter dialéctico y cambiante de los temas implicados. 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 apropiados para desarrollar un currículo escolar de NdCyT, en especial 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 literatura especializada sobre la efectividad de diversas metodologías para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la NdCyT revela dos condiciones clave: el carácter explícito de la enseñanza (enfoque explícito) y la realización de actividades metacognitivas de reflexión sobre la NdCyT (ABD-EL-KHALICK y AKERSON, 2009; ACEVEDO, 2008, 2009; GARCÍA-CARMONA, VÁZQUEZ y MANASSERO, 2011). El enfoque explícito suele ir unido a la reflexión, es decir, la discusión explícita y real de los conceptos de la NdCyT por los estudiantes, a través de preguntas, diálogos, debates, actividades adicionales, etcétera.

La mayoría de estas investigaciones se han llevado a cabo en países anglosajones, con muestras ocasionales de experimentación efectuadas por los propios investigadores con pocas posibilidades de proyección a las aulas reales; las investigaciones en contextos educativos no anglosajones, y especialmente en la comunidad iberoamericana, son más escasas y constituyen un campo abierto de investigación (KHISHFE, 2008).

Finalmente, debe subrayarse que la enseñanza de la NdCyT no pretende formar filósofos, historiadores o sociólogos de la ciencia; en el sistema educativo no universitario los contenidos de NdCyT se enseñan adaptados al contexto determinado por el currículo de ciencias. Otro hallazgo indirecto de la investigación es que las condiciones para una enseñanza efectiva de NdCyT se pueden lograr en el marco de contextos curriculares de enseñanza muy diversos, tales como indagación, cursos 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 (ACEVEDO, 2009).

### **3. PROYECTO 1. PROYECTO IBEROAMERICANO DE EVALUACIÓN DE ACTITUDES RELACIONADAS CON LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD**

83

El PIEARCTS es un estudio de investigación cooperativa en el que participan diversos grupos de investigación pertenecientes a distintos países, instituciones y regiones de lenguas ibéricas (español y portugués), cuya perspectiva es sobre todo educativa, centrada en los temas denominados genéricamente de ciencia, tecnología y sociedad o naturaleza de ciencia y tecnología.

El objetivo general del proyecto es concienciar a la comunidad educativa acerca de la importancia de que la educación científica y tecnológica promueva la enseñanza y el aprendizaje de las cuestiones CTS-NdCyT como un componente central de la alfabetización científica para todos los ciudadanos, y se desdobra en dos objetivos más específicos, uno de conocimiento y otro de mejora, ambos enlazados entre sí. El primero, el de conocimiento, pretende diagnosticar las creencias y actitudes de estudiantes y profesores sobre los temas CTS, y las necesidades que se derivan para la educación explícita de estos temas en las distintas etapas educativas, tanto desde la perspectiva de la planificación, el diseño y la innovación del currículo, como desde la perspectiva de la formación del profesorado. El diagnóstico de los puntos fuertes y los débiles, y de las necesidades identificadas sobre los temas CTS, deben servir de base para articular propuestas sobre el segundo objetivo, el

de mejora del aprendizaje de los estudiantes y la calidad de la enseñanza de los profesores en el aula. Como consecuencia de la perspectiva internacional del estudio, otras metas de la investigación son promover y afianzar las relaciones y la cooperación entre los investigadores de diferentes naciones e instituciones participantes, que comparten lengua y cultura, y también extender y hacer partícipes de esta metodología de investigación a otros socios y países, a través de la diseminación de los resultados.

### 3.1 METODOLOGÍA

La metodología del proyecto se basa en el uso del Cuestionario de opiniones sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad (COCTS), un conjunto de cuestiones de opción múltiple acreditado como uno de los mejores instrumentos de papel y lápiz para evaluar las actitudes sobre los temas y cuestiones NdcYT-CTS. Una selección de 30 preguntas del COCTS se ofrece articulada en dos cuestionarios, forma A y forma B, que se aplicarán a las muestras seleccionadas anónimamente para alcanzar una cobertura apreciable de los temas CTS y que la aplicación no resulte pesada ni extensa.

84

La muestra objeto de este estudio está formada por tres estratos principales:

- Estudiantes en su último año de la educación secundaria superior o primer año de la educación superior (18 a 19 años).
- Estudiantes del último curso de educación universitaria o de cursos de posgrado, con especial atención a los estudiantes enrolados en la formación para ser profesores (22 o 23 años o más).
- Profesores en ejercicio, tanto de educación primaria como de educación secundaria.

Los tres grupos de muestras propuestos deben estar equilibrados en género (igual cantidad de hombres y de mujeres) y especialidades de educación (formación científica o tecnológica y formación humanística).

### 3.2 RESULTADOS

El PEARCTS fue preparado y elaborado entre 2006 y 2007, y su desarrollo y aplicación se extendió entre 2007 y 2009. Se encuestaron 16.529 personas en los siete países participantes (Argentina, Brasil, Colombia, España, México, Panamá y Portugal), con contribuciones también de investigadores



asociados durante el desarrollo del proyecto en Chile, Perú, Brasil, República Bolivariana de Venezuela, Portugal, Cuba, México, Argentina y Puerto Rico. Los resultados empíricos con las respuestas obtenidas durante el período de ejecución del proyecto se encuentran resumidos en la publicación disponible en la página web de la OEI (BENNÁSSAR y OTROS, 2010) y en otras publicaciones, tesis de maestría y de doctorado de los investigadores participantes.

#### **4. PROYECTO 2. ENSEÑAR Y APRENDER ACERCA DE LA NATURALEZA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: UNA PROPUESTA INNOVADORA PARA LA EDUCACIÓN**

El proyecto EANCyT se inició en 2010 y estará en proceso de desarrollo hasta 2013. Su objetivo es enseñar con calidad y eficacia contenidos CTS a través de la construcción de instrumentos de planificación e intervención en la enseñanza y su aplicación en el aula. La investigación se plantea como un conjunto de acciones similares en planificación y estructura, realizadas por un equipo internacional iberoamericano, amplio y multidisciplinar en sus respectivos contextos nacionales, para verificar la eficacia de la intervención experimental sobre la mejora en la enseñanza de NdCyT.

85

##### **4.1 MUESTRA**

La muestra está compuesta por estudiantes y profesores en formación en sus grupos-aula naturales, distribuidos regularmente en diferentes niveles, lo que permite tener una perspectiva longitudinal a lo largo del sistema educativo. Los niveles 1 y 2 son grupos-aula preuniversitarios (en torno a 12 y 15 años) y los niveles 2 y 3 son grupos-aula de estudiantes de universidad en el primer y último curso de grado o posgrados.

##### **4.2 INSTRUMENTOS**

Los instrumentos de investigación que se aplican en las intervenciones son de dos tipos: uno de intervención didáctica (la planificación de una unidad sobre un tópico de NdCyT a impartir a los estudiantes) y un instrumento de evaluación de la mejora conseguida. 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 los nombres de unidad didáctica, programación de aula, secuencia de enseñanza, etc., aunque la denominación secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA) se impone hoy en la literatura (BUTY, TIBERGHYEN y LE MARÉCHAL, 2004).

La teoría sobre las SEA que sostiene la planificación de la enseñanza en el aula está muy ligada a los aprendizajes de inspiración activa, argumentadora y constructivista (DUSCHL, MAENG y SEZEN, 2011).

### 4.3 PROCEDIMIENTO

Esta investigación aplica un tratamiento experimental (enseñanza de un tópico de NdCyT mediante la SEA) a grupos naturales de estudiantes para valorar la efectividad del tratamiento (aprendizajes logrados). El modelo general se ajusta a un diseño longitudinal pretest-intervención-postest con grupo de control, mediando tres meses entre el pretest y el postest. Se prohíbe trabajar en clase explícitamente los contenidos de las cuestiones que forman el instrumento de evaluación.

### 4.4 RESULTADOS

Se considera como resultado y producto de la investigación EANCYT la instrumentación creada por la investigación, a saber: el diseño experimental, como metodología común para la aplicación a los estudiantes de los instrumentos de intervención didáctica y evaluación (unidades didácticas o secuencias de enseñanza y cuestionarios de evaluación, pre y postest), cuestionarios de entrevistas a alumnos, esquema de actividades del profesor para la aplicación de una unidad didáctica, informe de aplicación de la unidad didáctica del profesor aplicador y planificación general de aplicaciones de unidades didácticas.

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 de la enseñanza: las estructuras didácticas en el «ciclo de aprendizaje 7E»: elicitar, envolver, explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar (EISENKRAFT, 2003; KORTLAND, 2001; LIJNSE, 1995) y el conocimiento didáctico del contenido (MULHALL, BERRY y LOUGHRAN, 2003; SHULMAN, 1986), que se integran en un modelo operativo de planificación de la enseñanza aplicado como fundamento de la enseñanza de la NdCyT. El modelo concreto de SEA del proyecto EANCYT plasma un plan coherente que describe los aprendizajes diana y las estrategias específicas que se implementan en el aula, donde se incluyen contenidos, metodologías, objetivos de aprendizaje, epistemologías, roles, actividades, etcétera.

**CUADRO 1**  
**Esquema general de la secuencia de enseñanza-aprendizaje**

TÍTULO		N.º DE SESIONES	
JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen)		NIVEL/ETAPA	(años)
RELACIÓN CON EL CURRÍCULO		CURSO	
		ÁREA	
		BLOQUE	
COMPETENCIA(S) BÁSICA(S)			
OBJETIVOS			
REQUISITOS			
Tiempo	ACTIVIDADES (alumnado / profesorado)	Metodología / Organización	Materiales / Recursos
	ENGANCHAR introducción-motivación		
	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		

Los investigadores aplican el anterior esquema abstracto a la construcción de las secuencias específicas para cada tema CTS.

Una plataforma informática (COCTS) vehicula la aplicación automatizada de los instrumentos de evaluación pretest y postest que valoran la mejora en cada SEA y sistematiza la recogida de datos de evaluación de las SEA (gráfico 1).

## GRÁFICO 1

### Lista de algunos proyectos en la plataforma informática (COCTS) para la aplicación automatizada de los instrumentos de evaluación

Nombre	Identificador	Año	Tipo de carga	Vencimiento	Instancias
905. Investigando dragones	102-c-pos	2012	Interactivo	31/12/2012	
401. La participación de la CT y s en...	id401	2012	Interactivo	31/12/2012	Listado
704. Ciencia y competencia	id704	2012	Interactivo	31/12/2012	
906. Cómo se validan las explicacion...	id906	2012	Interactivo	31/12/2012	
906. Razonamiento Lógico en la Ciencia	121-e-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nuevo   Listado
906. Razonamiento Lógico en la Ciencia	122-e-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nuevo   Listado
906. Razonamiento Lógico en la Ciencia	123-e-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nuevo   Listado
906. Historia Italiana	id906	2012	Interactivo	31/12/2012	Nuevo   Listado
902. Qué es una forma de modular. E...	id902a	2012	Interactivo	31/12/2012	Listado
205. La ciencia en la vida cotidiana	43-c-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nuevo   Listado

## 5. IMPACTO DE LOS PROYECTOS EN ALGUNOS PAÍSES

En esta sección se da cuenta del impacto y los rasgos particulares de los proyectos cooperativos PIEARCTS y EANCYT en los distintos países e instituciones donde se han desarrollado.

88

### 5.1 ARGENTINA

En Argentina, si bien la Didáctica de la ciencia y la tecnología es una disciplina aún en consolidación, la participación de tres grupos de investigación de diferentes regiones del país en estos proyectos iberoamericanos contribuye al fortalecimiento de la disciplina en, al menos, tres aspectos:

- La consolidación de una red internacional integrada, que permite la comparación de los resultados obtenidos en los diferentes países y ayuda al diagnóstico de problemas comunes a partir de lo cual se facilita la tarea de proponer mejoras en la enseñanza.
- La colaboración entre diferentes universidades nacionales facilita la producción de investigaciones en distintos contextos socioeconómicos, las que contribuyen a determinar un panorama que, aunque general, contempla las particularidades de cada región en un país de múltiples realidades.
- La colaboración entre diferentes niveles educativos en un trabajo coordinado refuerza la articulación entre ellos, permitiendo que los resultados de la investigación lleguen de forma más directa a las aulas.

Otro aspecto importante en el que ha contribuido nuestra participación en los proyectos PIEARCTS y EANCyT ha sido la obtención de financiamiento por parte de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, en ambos casos (PICTO-UNQ-36501/07 y PICT 2011-0576), para el desarrollo de los mismos en el país. Este financiamiento incluyó sendas becas, que permiten la creación de dos tesis doctorales, contribuyendo fuertemente a la formación de recursos humanos calificados, condición indispensable para la consolidación de este campo.

Respecto de la formación científica y académica del profesorado, esencial para la alfabetización científica, la del plantel docente de la escuela media argentina, cuya característica distintiva es la heterogeneidad, no se encuentra, en muchos de los casos, en el nivel esperado. Algunos de ellos, inicialmente formados como maestros de grado, fueron «reconvertidos» para la enseñanza del área de Ciencias Naturales. Por otro lado, el profesorado de enseñanza media difiere en su formación inicial, porque hay profesores de una o de varias de las disciplinas que componen el área (Física, Química, Matemática, Ciencias Naturales, etc.) provenientes de institutos terciarios y profesionales universitarios con poca o ninguna formación pedagógica. En consecuencia, y por diferentes motivos, todos comparten una formación deformada por una visión dissociada entre los contenidos disciplinares y los pedagógicos. Esto conlleva severas dificultades en cuanto a la actualización de los contenidos disciplinares y la formulación de secuencias didácticas que atiendan temas transversales integradores desde una adecuada propuesta pedagógica, quedando muchas veces la selección y secuenciación de los contenidos de la enseñanza a merced de las ofertas editoriales (LORENZO, 2008).

Por fortuna, soplan vientos de cambio en el aspecto formativo, ya que en el Proyecto de mejora para la formación inicial de profesores para el nivel secundario, del Ministerio de Educación (2010), reiteradamente se hace mención de la importancia de la NdCyT. Se enuncia, por ejemplo, que la enseñanza de la Química debe ser

[...] coherente con una concepción actualizada de la naturaleza de la ciencia, esta debe nutrirse de la epistemología, la filosofía, la historia, la sociología y los aspectos éticos de la ciencia. Comprender esto desde la formación inicial del profesorado es imprescindible para impulsar la educación científica.

Por todo lo expuesto, el desarrollo de los proyectos PIEARCTS y EANCyT contribuye a mejorar la enseñanza de la NdCyT en Argentina.

## 5.2 BRASIL

Desde hace tiempo la ciencia y la tecnología están cambiando las sociedades. Sin embargo, el ciudadano común no es consciente ni del proceso de transformación ni de la influencia que el pensamiento científico tiene —a través de la implantación de los descubrimientos científicos y tecnológicos— en su estilo de vida. Ciencia y tecnología parecen distantes de la realidad social y práctica de la mayoría de las generaciones. En los últimos años, el entorno escolar ha estado tratando de adaptarse a esta nueva manera de ver el mundo que afrontan las generaciones recientes, tarea nada fácil porque la velocidad de los cambios excede el ritmo posible para las estructuras sociales básicas. Los proyectos PIEARCTS y EANCyT son acciones educativas en ese sentido de adaptación de la educación, cuyas propuestas han encontrado aceptación por parte de la comunidad científica de la educación en CyT, de la cual es un ejemplo el trabajo realizado por investigadores del Centro Federal de Educación Tecnológica de Río de Janeiro (CEFET-RJ) y la Universidad Cruzeiro do Sul de San Pablo.

90

El proyecto PIEARCTS encuestó un número considerable de estudiantes y profesores, lo que permite una evaluación importante relacionada con actitudes, creencias y valores en torno a CyT. Los resultados de esta investigación generaron una gran cantidad de trabajos presentados en eventos científicos en el país y en el exterior, lo cual impulsó un debate productivo con otros miembros de la comunidad, así como disertaciones y tesis doctorales que, ciertamente, profundizan los análisis de los resultados y proporcionan un importante material para la preparación de artículos que permiten la difusión de los resultados a toda la comunidad de la enseñanza de CyT.

En Brasil, los proyectos PIEARCTS y EANCyT reciben ayuda financiera del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), en las ediciones universales de 2007 a 2010 (PIEARCTS) y 2010 a 2014 (EANCyT), lo que ha permitido la realización de investigación y análisis de datos y, sobre todo, la interacción entre grupos de investigación y la concreción de eventos académicos nacionales e internacionales, importantes difusores de resultados.

La participación en los dos proyectos es importante para que las instituciones intervinientes consoliden grupos y líneas de investigación en el área, lo que permite la maduración de grupos emergentes y la intensificación de sus relaciones productivas con las comunidades nacionales e internacionales de investigadores en el área de NdCyT.

El proyecto EANCyT, a su vez, recoge enormes beneficios a partir del PIEARCTS: redes de investigadores e instituciones activas y productivas; bancos de datos confiables acerca de las creencias de profesores y alumnos,

en relación con el enfoque CTS, y la cualificación de investigadores sobre estos temas de vanguardia.

### 5.3 ESPAÑA

La sociedad y la educación están fuertemente vinculadas y, como consecuencia, también lo están la investigación y la innovación. Es cierto que las relaciones entre la investigación, la innovación y la práctica educativa son complejas (SOLÍS, 2011), sin embargo, lejos de ser una limitación, esto debe suponer un reto para mejorar la calidad de nuestra educación. El proyecto EANCyT parte de esta realidad y considera la importancia que tienen para los docentes la innovación e investigación en la educación científica, de modo que sean partícipes en dicho proyecto y se actualicen permanentemente sobre la ciencia en el aula, lo que facilita plantear allí actividades y experiencias más acordes con las tendencias actuales sobre la ciencia y su aprendizaje, en este caso en concreto sobre la NdcyT. Así se potencia la función investigadora del propio profesorado implicado de manera directa en la educación científica.

Hasta aquí hemos hecho una descripción somera del impacto y los rasgos particulares de ambos proyectos cooperativos en los países e instituciones donde se han desarrollado.

En la primera fase del EANCyT han sido diseñadas varias propuestas didácticas innovadoras sobre diferentes aspectos de la NdcyT, puestas a disposición de los profesores de diferentes niveles educativos como una excelente alternativa para incluir la NdcyT en el aula, de modo que posibilite la reflexión de los alumnos sobre los aspectos principales de la misma y la integración de los distintos contenidos de ciencia en el ámbito educativo. Estas unidades pueden suponer una solución para la divergencia que existe entre las propuestas didácticas que se realizan fruto de las investigaciones que se llevan a cabo y las prácticas profesionales de gran parte del profesorado: currículos aditivos, aprendizajes memorísticos, acumulativos, etc. (GAVIDIA, 2005). El trabajo realizado no solo permite conocer las ideas de los alumnos, sino tomarlas como referencia para la dinámica de la clase y, con más alcance que el mero diagnóstico in situ, posibilita introducir cambios en el aula y evaluar los resultados de dichas propuestas educativas.

La presente investigación ha permitido profundizar en aspectos de suma importancia en la formación de maestros e investigadores a través de su implicación en la elaboración de los trabajos fin de grado y fin de máster, en los títulos de grado de Maestro en Educación Primaria y Máster en Investigación en Ciencias Sociales, así como programas de doctorado impartidos

en la universidad, lo que supone una novedad pues nos encontramos ante las primeras promociones de estos estudios.

Por otro lado, somos conscientes de que no existe una única forma de abordar una investigación educativa, ya que los procesos educativos disponen de múltiples maneras de ver la esencia de los seres humanos y también existen diversas formas desde el punto de vista metodológico de acercarse a esa realidad (IMBERNÓN, 2002). Así pues, en nuestro estudio combinamos la utilización conjunta de metodologías cuantitativas y cualitativas, lo que permite una mirada más rica y objetiva de la realidad educativa.

## 6. CONCLUSIONES

En conjunto, y como es obvio, los proyectos cooperativos tienen como objetivo central alcanzar resultados concretos de investigación educativa en torno a la NdCyT: diagnóstico de concepciones; desarrollo curricular; innovación en el aprendizaje y la enseñanza de CyT; eficacia de los instrumentos y materiales; fiabilidad de la evaluación y formación, y desarrollo profesional docente, por citar solo las más importantes.

92

Paralelamente, y desde la perspectiva cooperativa, también se plantean objetivos sociales: consolidar redes internacionales de cooperación iberoamericanas; compartir y comparar resultados; detectar problemas y soluciones entre diferentes países y regiones; fomentar la colaboración entre investigadores y profesorado, entre universidades y entre naciones; extender las redes; comunicar los resultados y los materiales creados a otros investigadores y lugares para que fructifiquen donde los requieran para su propia innovación y desarrollo, etcétera.

En particular, las aportaciones de materiales e instrumentos prácticos son especialmente valiosas para la práctica educativa. Los instrumentos de evaluación estandarizados permiten comparaciones entre diversos tratamientos didácticos para enseñar los variados tópicos de NdCyT y también entre distintas investigaciones que usan el mismo instrumento de evaluación y diferentes planteamientos didácticos o investigadores, un logro que era imposible en el campo de CTS-NdCyT por la diversidad y falta de equivalencia. Esta es una aportación central de los proyectos a la investigación.

Otra aportación específica es un modelo de investigación y enseñanza de NdCyT basada en un diseño pre y postest y, sobre todo, en la aplicación de instrumentos estandarizados para la enseñanza y la evaluación de la mejora en la comprensión de NdCyT. Es de esperar que las SEA producidas sean



mejoradas en aplicaciones sucesivas con las aportaciones de los profesores aplicadores extraídas de su práctica docente.

Los resultados, los materiales y la tecnología didáctica creados pretenden trascender el propio proyecto a través de la transferencia, disseminación e institucionalización de metodologías, instrumentos y buenas prácticas, la generación en cascada de formación investigadora, el fomento del trabajo cooperativo internacional y la ampliación de redes de colaboración interuniversitaria y transnacional. Por ello, los materiales creados y los resultados de eficacia obtenidos en su aplicación experimental están disponibles para los investigadores iberoamericanos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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*, vol. 31, n.º 16, pp. 2161-84.
- 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*, vol. 5, n.º 2, pp. 134-69.
- (2009). «Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 6, n.º 3, 355-86.
- y OTROS (2007). «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 4, n.º 1, pp. 42-66.
- BENNÁSSAR, A. y OTROS (coords.) (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios (CAEU) de la OEI. Disponible en: [www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf](http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf), [consulta: marzo de 2013].
- BUTY, C., TIBERGHEN, 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*, vol. 26, n.º 5, pp. 579-604.
- DRIVER, R. y OTROS (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- DUSCHL, R., MAENG, S. y SEZEN A. (2011). «Learning Progressions and Teaching Sequences: A Review and Analysis». *Studies in Science Education*, vol. 47, n.º 2, pp. 123-82.
- EISENKRAFT, A. (2003). «Expanding the 5E model». *Science Teacher*, 70 (6), pp. 56-59.
- 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. Revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 29, n.º 3, pp. 403-12.

- GAVIDIA, V. (2005). «Los retos de la divulgación y enseñanza científica en el próximo futuro». *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, n.º 19, pp. 91-102.
- HODSON, D. (2009). *Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- IMBERNÓN, F. (coord.) (2002). *La pluralidad investigadora. La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado. Reflexión y experiencias de investigación educativa*. Barcelona: Grao.
- LEDERMAN, N. G. (2007). «Nature of Science: past, present, and future». In S. K. ABELL, y N. G. LEDERMAN (eds.). *Handbook of research on science education*, pp. 831-879.
- KHISHFE, R. (2008). «The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45, n.º 4, pp. 470-496.
- KORTLAND, J. (2001). *A problem posing approach to teaching decision making about the waste issue*. Utrecht: Cdβ Press.
- LEACH, J. y SCOTT, P. (2003). «Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education». *Science and Education*, vol. 12, n.º 1, pp. 91-113.
- LIJNSE, P. (1995). «“Developmental research” as a way to an empirically based “didactical structure of science”». *Science Education*, 79, pp. 189-199.
- LORENZO, M. G. (2008). «El modelo de integración multinivel para la formación en servicio del profesorado». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, n.º 3, pp. 597-613.
- 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*, vol. 28, n.º 13, pp. 1499-1521.
- MILLAR, R. y OTROS (2006). *Improving Subject Teaching. Lessons from Research in Science Education*. Londres: Routledge.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN (2010). *Proyecto de mejora para la formación inicial de profesores para el nivel secundario. Áreas: Biología, Física, Matemática y Química*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Formación Docente. Disponible en: <http://repositorio.educacion.gov.ar:8080/dspace/handle/123456789/89786>, [consulta: marzo de 2013].
- MULHALL, P., BERRY, A. y LOUGHRAN, J. (2003). «Frameworks for Representing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge». *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, vol. 4, n.º 2, pp. 1-25.
- ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (OEI) (2010). *Metas Educativas 2021: la educación que queremos para la generación de los Bicentenarios*. Madrid: OEI. Disponible en: [www.oei.es/metas2021.pdf](http://www.oei.es/metas2021.pdf), [consulta: marzo de 2013].
- RUDOLPH, J. L. (2000). «Reconsidering the “Nature Of Science” as a Curriculum Component». *Journal of Curriculum Studies*, vol. 32, n.º 3, pp. 403-419.
- SHULMAN, L. S. (1986). «Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching». *Educational Researcher*, vol. 15, n.º 2, pp. 4-14.

- SOLÍS, E. (2011). «¿Cómo integrar la investigación, la innovación y la práctica en la enseñanza de las ciencias?» *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n.º 68, pp. 80-88.
- VÁZQUEZ ALONSO, Á. y MANASSERO MAS, M. A. (2012a). «La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2). Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 9, n.º 1, pp. 2-31.
- (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*, vol. 9, n.º 1, pp. 34-55.