

Ángel Vázquez-Alonso

Universidad de las Islas Baleares  
angel.vazquez@uib.es

Adriana María Rodríguez Cruz

Universidad del Tolima  
adrianarodry@ut.co

Artículo de Investigación

Recepción: 7 de marzo de 2014

Aprobación: 6 de mayo de 2014

## FORMACIÓN DEL PROFESORADO EN NATURALEZA DE LA CIENCIA MEDIANTE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN\*

### Resumen

La enseñanza de la naturaleza de la ciencia es capital para la alfabetización científica y tecnológica, pero la formación del profesorado es deficiente por la carencia del conocimiento didáctico del contenido (CDC) sobre temas de NdCyT. Este artículo afronta el desarrollo del CDC a través de la autoformación desarrollada por un docente, describiendo sus procesos de apropiación curricular, cambio y autorregulación, para enseñar el tema 'observación en la ciencia' a sus estudiantes. El estudio se enmarca en la investigación-acción: el docente reflexiona e investiga su propia práctica con la ayuda de instrumentos para explicitar el CDC desarrollado. Los resultados muestran los rasgos del CDC desarrollados por el docente y cómo toma conciencia de que el modelo integrador CDC-NdCyT, los diferentes contextos para enseñar en el aula la NdCyT, y los procesos de enseñanza explícita-reflexiva, resultan eficaces para enseñarla

---

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

porque mejoran en los estudiantes su comprensión sobre la carga teórica en las observaciones y desarrollan la motivación hacia la argumentación y la toma de decisiones por consenso, el aprendizaje autónomo, el trabajo compartido y en equipo, la autorreflexión y el diálogo.

**Palabras clave:** Naturaleza de la Ciencia y Tecnología, conocimiento didáctico del contenido, secuencias de enseñanza-aprendizaje, formación del profesorado, enseñanza explícita-reflexiva.

## TEACHER TRAINING ON THE NATURE OF SCIENCE THROUGH ACTION-RESEARCH

### Abstract

Nature of science teaching is essential for scientific and technological literacy, but teacher training is poor due to the lack of pedagogical content knowledge (PCK) of topics on the nature of science and technology (NS&T). This article addresses the development of the PCK through the self-training of a teacher, by describing the process of curriculum ownership, change and self-regulation, to teach the students the topic "observation in science". Since action-research is the frame of this study, the teacher reflects and researches his own practice, with the help of some tools to make explicit the developed PCK. The results show the features of the PCK developed by the teacher, and how the teacher becomes aware that the PCK-NS&T integrative model, the different teaching contexts in the classroom, and the reflective and explicit teaching processes are effective to teach NS&T, as they improve students' understanding of the theory-laden of observations and develop motivation towards consensus argumentation and decision making, autonomous learning, sharing team work, self-reflection and dialogue.

Keywords: Nature of science and technology, pedagogical content knowledge, teaching-learning sequences, teacher training, explicit-reflective teaching.

## FORMATION DES ENSEIGNANTS EN NATURE DE LA SCIENCE AU MOYEN DE LA RECHERCHE- ACTION

### Résumé

L'enseignement de la nature de la science est capital pour l'alphabétisation scientifique et technologique, mais la formation des enseignants est déficiente par suite d'un manque de Connaissance Didactique du Contenu (CDC) des thèmes de Nature de la Science et de la Technologie. Cet article aborde le développement de la CDC à travers de l'autoformation développée par un enseignant, décrivant ses processus d'appropriation des programmes scolaires, de changement et autorégulation pour enseigner le thème «observation de la science» à ses étudiants. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la recherche-action: l'enseignant réfléchit et enquête sur sa propre pratique avec l'aide d'instruments pour expliquer la CDC qui a été développée. Les résultats montrent les grands traits de la CDC développée par l'enseignant et la manière dont il prend conscience que le modèle intégrateur de Connaissance Didactique du Contenu-Nature de la Science et de la Technologie, les différents contextes pour enseigner la Nature de la Science et de la Technologie en classe ainsi que les processus d'enseignement explicite-réflexif, se révèlent efficaces pour cet enseignement, étant donné que les étudiants améliorent leur compréhension de la charge théorique dans leurs observations et développent la motivation en une argumentation et une prise de décision par consensus, l'apprentissage autonome, le travail commun et en groupe, l'autoréflexion et le dialogue.

**Mots clés:** Nature de la Science et de la Technologie, connaissance didactique du contenu, séquences d'enseignement apprentissage, formation des enseignants, enseignement explicite-réflexif.

## FORMAÇÃO DO PROFESSORADO EM NATUREZA DA CIÊNCIA MEDIANTE PESQUISA-AÇÃO

### Resumo

O ensino da natureza da ciência é fundamental na alfabetização científica e tecnológica, mas a formação do professorado é deficiente pela carência do conhecimento didático do conteúdo (CDC) sobre temas de NdCeT. O artigo encara o desenvolvimento do CDC a través da auto formação desenvolvida por um docente, descrevendo seus processos de apropriação curricular, mudança e auto regulação, para ensinar a “observação da ciência” aos seus alunos. O estudo se enquadra na pesquisa-ação: o docente reflete e pesquisa sua própria prática com ajuda de instrumentos para explicar o CDC desenvolvido. Os resultados mostram os traços do CDC desenvolvidos pelo docente e como fica ciente que o modelo integrador CDC-NdCeT, os diferentes contextos para ensinar na sala de aula a NdCeT, e os processos de ensino explícito-reflexivo, resultam eficazes para ensiná-la, porque melhoram nos alunos sua compreensão sobre a carga teórica nas observações e desenvolvem a motivação à argumentação e tomada de decisões pelo acordo, a aprendizagem autônoma, o trabalho compartilhado em equipe, a auto reflexão e o diálogo.

**Palavras chave:** Natureza da ciência e tecnologia, conhecimento didático do conteúdo, sequências de ensino aprendizagem, formação do professorado, ensino explícito reflexivo.

## Introducción

La importancia educativa de enseñar y aprender NdCyT surge del valor de la CyT en el mundo actual, de las necesidades de una sociedad con un mayor desarrollo científico y tecnológico y de ser un componente esencial de la alfabetización en CyT, para que los ciudadanos tomen decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social. Además, atendiendo a la relevancia de la tecnología en el mundo actual, el concepto NdCyT se extiende de una manera natural a la Naturaleza de Ciencia y Tecnología (NdCyT en adelante) que se usa en este estudio. NdCyT es un concepto complejo que refiere una gran variedad de asuntos epistemológicos, históricos, sociológicos y psicológicos en torno a ciencia y tecnología (Echeverría, 2010; Vázquez et ál., 2007). Estas razones justifican la presencia de NdCyT en el currículo escolar y, en consecuencia, crean la necesidad de que los profesores estén adecuadamente formados para enseñarlas, a pesar de su complejidad y dificultad (Rudolph, 2000).

Las reformas educativas han incorporado temas de NdCyT en los currículos de CyT de numerosos países en los últimos años (McComas, Clough & Almazroa, 1998). En Colombia la competencia científica definida por los lineamientos de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad del Tolima, espera la formación de un profesional que comprende las características de la NdCyT actual; domina contenidos y asuntos socio-científicos y tecno-científicos de interés; planifica, organiza y presenta la CyT más accesible a los estudiantes; incluye procedimientos de indagación científica, promueve la argumentación dialógica y reflexiona sobre su práctica para producir saber pedagógico y didáctico.

La comprensión de NdCyT no solo es una necesidad impuesta por el currículo, sino que a la vez potencia una educación científica de calidad para todos, que supone formar ciudadanos críticos, autónomos, tolerantes, que puedan dar sentido a los problemas socio-científicos y participar en el proceso de toma de decisiones (Khishfe, 2008; Matkins & Bell, 2007; Morrison et ál., 2009), mejora la comprensión y el sentido de la ciencia general para los estudiantes (Bennáassar, Vázquez, Manassero & García-Carmona, 2010), y es un aspecto innovador, valioso y útil para la formación del profesorado en ciencias (Adúriz-Bravo, 2006). Por ello debería ser prioritario intensificar la formación del profesorado, elaborar recursos y materiales didácticos y contrastar su validez en el aula.

En el marco de la verificación de la eficacia de los métodos de enseñanza-aprendizaje sobre NdCyT, investigaciones recientes en diferentes contextos convergen en señalar que la enseñanza explícita-reflexiva es más eficaz que los métodos implícitos para mejorar la comprensión sobre NdCyT (Abd-El-Khalick & Akerson, 2009; Akerson, Hanson & Cullen, 2007; Deng et ál. 2011; García, Vázquez & Manassero, 2011; Lederman, 2007). La revisión de Deng et ál. (2011) muestra que el 88% de los estudios con enfoques explícitos reportaron mejoras estadísticamente significativas o reconocibles de la comprensión de la NdCyT, mientras que sólo el 47% de los implícitos identificaron mejoras. Además, tres estudios compararon los enfoques implícitos y explícitos y los tres evidenciaron cambios favorables en el enfoque explícito, mientras que ningún cambio surgió de los implícitos. Este mismo estudio muestra que las estrategias reflexivas involucradas se agruparon en discusiones dependientes o independientes del contenido (45%), reflexión (26%) y argumentación (16%); todos los estudios que usaron argumentación o reflexión lograron mejoras, y también lo hizo la mayor parte de los diferentes tipos de debates, pero los estudios que carecen de una actividad reflexiva no producen cambios. Por lo tanto las actividades reflexivas son necesarias para mejorar efectivamente la comprensión de NdCyT.

El enfoque explícito de la enseñanza requiere que los aspectos didácticos de NdCyT (objetivos, contenidos y evaluación) se deben planificar y abordar de manera intencional a través de secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA), diseñadas explícitamente sobre estos temas (Buty, Tiberghien & Le Maréchal, 2004). La perspectiva meta-cognitiva contribuye a que el contenido de NdCyT sea evidente en la actividad práctica deliberativa, dialógica y argumentativa (procesos de reflexión) de los estudiantes en el aula sobre el contenido y los métodos de la CyT (Acevedo, 2009a; Adúriz-Bravo, 2006; Matkins & Bell, 2007). Desde esta perspectiva, como en cualquiera de los demás temas de ciencias que los profesores pueden enseñar y los estudiantes deben aprender, los profesores deben desarrollar un CDC específico para la enseñanza de NdCyT (Acevedo, 2009b; Lederman, 2007). Sin embargo, en el caso de la NdCyT, numerosos factores obstaculizan este desarrollo e impiden su enseñanza real en las aulas: complejidad, carácter innovador, formación del profesorado deficiente, falta de libros de texto, materiales y recursos de enseñanza apropiados, diversidad de culturas y actitudes, experiencias previas, expectativas y epistemologías tradicionales del profesorado sobre

la enseñanza de la ciencia (normas, valores, comunicación e interacción en el aula) y sobre la NdCyT en particular (creencias ingenuas, positivistas y poco informadas), etc.

La superación de estos obstáculos requiere integrar armónicamente mejores conocimientos sobre los contenidos de NdCyT y, especialmente, el conocimiento didáctico de los contenidos (Lederman, 2007). El CDC combina conocimientos del currículo, contenidos, aprendices y aprendizaje, objetivos y contextos educativos y evaluación. Los profesores consideran que se facilitaría la enseñanza innovadora de NdCyT en las aulas si se satisfacen las siguientes demandas de CDC: los materiales didácticos tienen cualidades como su inserción en el currículo, la propuesta de actividades prácticas adecuadas, la oferta de una estructura didáctica comprensible y la propuesta de objetivos y criterios de evaluación claros y modestos (Hencke & Höttecke, 2013).

El desarrollo de CDC para enseñar NdCyT es crucial para que los profesores la apliquen en el aula y para la eficacia de esta aplicación. La reunión de 2010 de la National Association for Research in Science Teaching celebró un simposio monográfico sobre desarrollo del CDC en la enseñanza de NdCyT. El modelo de Schwartz y Lederman (2002) propone la integración entre los conocimientos del profesor sobre los consensos actuales sobre NdCyT, el conocimiento adecuado del contenido científico del tema y el conocimiento didáctico general y específico necesario para enseñar NdCyT en un contexto determinado. El dominio de estos elementos aumenta la probabilidad de aplicar una enseñanza eficaz de la NdCyT. Sin embargo, el modelo más práctico para representar el CDC de los profesores es propuesto por Loughran, Berry y Mulhall (2012), a través de dos instrumentos denominados Representación de Contenidos (ReCo) y Repertorio de Experiencia Profesional y Didáctica (Rex-PyD).

Globalmente la experiencia de este estudio se enmarca en un modelo de investigación-acción sobre la práctica educativa. La investigación-acción es un tipo de investigación introspectiva para mejorar la forma de abordar y resolver los problemas de enseñanza, mediante procesos reflexivos y progresivos sobre los procesos de resolución; en este caso, el problema es enseñar un tema de NdCyT (la observación científica) a alumnos que se preparan para ser profesores. En particular, es un estudio de caso docente, que comparte rasgos de la “investigación-acción para el desarrollo” (Torbert, 2004), como una forma de ayudar al

desarrollo profesional del docente protagonista mediante auto-formación reflexiva, y del enfoque de la “teoría vivencial”, donde el docente genera explicaciones para mejorar su práctica al experimentar en sí mismo un proceso de auto-aprendizaje (Whitehead & McNiff, 2006). Se trata, pues, de un estudio de caso de profesor de ciencias, en y sobre su propia experiencia práctica de desarrollo curricular sobre un tema de NdCyT, de modo que el proceso de investigación-acción es, a la vez, un instrumento de desarrollo profesional. Por ello la unión entre desarrollo del currículo y desarrollo profesional proporciona al docente las nuevas habilidades (Stenhouse, 1991).

El Ministerio de Educación Nacional (MEN) en los Lineamientos Curriculares (1998) y en los Estándares de competencias (2006), recomienda que se fomente en la educación en ciencias del país la capacidad de explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, observar, recoger y organizar información relevante, utilizar diferentes métodos de análisis, evaluarlos y compartir los resultados. El proyecto de investigación Enseñanza y Aprendizaje de NdCyT (EANCYT) es un estudio desarrollado internacionalmente con la participación de investigadores colombianos, que asume estas competencias y los hallazgos descritos para avanzar aspectos innovadores sobre la enseñanza de la NdCyT en relación con estudios previos. Por un lado, EANCYT propone SEA referidas a temas de contenidos concretos sobre NdCyT y de duración más corta de lo usual, lo cual facilita la aplicación y apropiación de las lecciones por los profesores y su inserción en el currículo, y su potencial difusión y diseminación a las escuelas (Manassero, Bennassar, Ortiz & Moralejo, 2013).

Por otro lado, en la mayoría de los estudios previos, la evaluación en NdCyT sigue apareciendo como un arcano propio de expertos, fuera del alcance de los profesores y un obstáculo para la enseñanza y la comparación de diversos estudios. EANCYT propone un procedimiento de evaluación estandarizado que facilita su aplicación por cualquier docente en sus clases y, además, permite comparar resultados de diferentes estudios o grupos. Siguiendo estas directrices, el proyecto EANCYT ha construido varias SEA para enseñar NdCyT, una de las cuales (referida al papel de la observación en la construcción del conocimiento científico) se aplica aquí. La implementación de esta SEA es relevante, porque estudiantes y profesores presentan concepciones inductivistas inadecuadas, desconociendo que “la observación está cargada de teoría”. Asimismo esta

aplicación es coherente con las necesidades de formación del profesorado de ciencias, en la medida que permite desarrollar sus competencias y mejorar su comprensión sobre el tema concreto de la observación en la ciencia.

## Metodología

La metodología de la aplicación de la SEA en el aula se desarrolla conforme a un diseño experimental pre-test/post-test con un grupo de control. Aplica un tratamiento al grupo experimental que consiste en la enseñanza del rasgo de NdCyT, “La observación en la ciencia”, mediante la planificación y aplicación de una SEA explícitamente construida y evalúa la efectividad del tratamiento para la formación del profesorado de ciencias.

## Participantes

La aplicación de la SEA sobre observación se instala en la asignatura didáctica de las ciencias y se desarrolla durante el semestre B-2012 en un aula real de 20 estudiantes de último curso en la Universidad del Tolima que se forman para ser profesores de ciencias en la educación básica colombiana mediante una metodología explícita-reflexiva. El referente en la construcción de los materiales de enseñanza y evaluación es la estructura de especificaciones del Cuestionario de Opiniones sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Bennassar et ál., 2010); como contextos de la enseñanza se toman las actividades prácticas de indagación, historia y filosofía de CyT, cuestiones tecno-científicas de interés social o contenidos curriculares de CyT impregnados con NdCyT. Sobre esta aplicación de aula el docente construye y reflexiona sobre el desarrollo de su CDC.

## Instrumentos

Los instrumentos de la aplicación en el aula de la SEA son la planificación de la SEA, que incluye los materiales de apoyo y los instrumentos de evaluación del aprendizaje de los estudiantes profesores. Las actividades de la SEA atienden a las concepciones de los alumnos, las características y contenidos de la observación, los supuestos epistemológicos, las perspectivas de aprendizaje, los enfoques pedagógicos actuales y las características del contexto educativo; su propuesta contiene orientaciones

para el profesor, materiales de enseñanza, análisis de contenidos, motivaciones y limitaciones del instrumento articulados coherentemente (Buty, Tiberghien & Le Maréchal, 2004). Las estructuras didácticas de diseño de la SEA se corresponden con el esquema denominado ciclo de aprendizaje 7E (Eisenkraft, 2003), pues se organiza en siete fases que empiezan con la letra E (Extraer, Envolver, Explorar, Explicar, Elaborar, Extender y Evaluar). El esquema estructural de la SEA incluye actividades de indagación, debates en los que se promueve la argumentación dialógica sobre asuntos tecno-científicos controvertidos de interés social, diversas demostraciones y explicaciones, así como episodios históricos que ilustran la NdCyT. El profesor debe estudiar las características de las actividades, elementos didácticos fundamentales y materiales incluidos en la SEA y, a partir de ellos, planificar su enseñanza a los estudiantes.

## Procedimiento

El procedimiento general se ajusta a un modelo de investigación-acción y análisis de caso de docente. Aunque en la literatura existen varios modelos, su metodología subyacente es aproximadamente coincidente con una investigación científica, y por ello, resulta muy familiar y usual para el docente de ciencias: identificar y organizar los conocimientos previos sobre el problema o pregunta de investigación (revisión de la literatura y marcos conceptuales), planificar las tareas (identificar, generar y decidir las mejores ideas/hipótesis), implementar su aplicación (recoger y organizar datos), evaluar (analizar e interpretar los datos, reflexionar sobre el proceso y lo aprendido), comunicar la experiencia y tomar conciencia del aprendizaje/desarrollo logrado y tomar decisiones para innovar y mejorar la práctica futura.

El objetivo de este estudio no aborda, pues, el proceso de aprendizaje de los estudiantes, sino el proceso de desarrollo profesional del conocimiento didáctico del contenido (CDC) por el docente en las actividades de enseñar la SEA de observación, sobre la base de su apropiación de los instrumentos, actividades y materiales para preparar sus clases. El CDC resalta la idea de que el profesor debe dominar simultáneamente la materia científica de la enseñanza y las herramientas didácticas necesarias para su enseñanza en el contexto de aula correspondiente. Loughran y sus colegas (2012) han añadido las perspectivas socio-constructivistas y el pensamiento teórico y práctico del profesor, que han operacionalizado en dos instrumentos denominados Representación de Contenidos

(ReCo) y Repertorio de Experiencia Profesional y Didáctica (Rex-PyD). Ambos han sido adaptados al español por el primer autor y aplicados en este estudio al análisis del CDC del docente aplicador (segundo autor) (ver apéndices 1 y 2). El docente estudia los materiales de enseñanza y evaluación y los aplica a su grupo de estudiantes con su propio estilo y ritmo. Tras la aplicación, el docente complementa un ReCo y Rex-PyD personales, cuyos resultados se presentan en este estudio.

## Resultados

“La observación en la ciencia” se centra en los rasgos de la observación como proceso científico, cuya comprensión resulta determinante en la ciencia para recoger datos, realizar análisis e inferencias, confrontar evidencias y extraer conclusiones. La transferencia de la SEA al aula implicó un trabajo de apropiación de la misma por el docente, lo que demandó aplicar los principios para enseñar NdCyT a la planificación didáctica, y analizar los procesos de cambio y auto-regulación a través de dos instrumentos empleados para evaluar la eficacia del aprendizaje: la Representación de Contenidos y los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica.

Con relación a la enseñanza de la NdCyT se reconoce que no es suficiente con que los profesores de ciencias tengan una comprensión adecuada de los consensos actuales sobre la NdCyT. Una enseñanza eficaz sobre NdCyT requiere que los profesores dispongan de conocimientos sobre las diversas formas de representar los contenidos de NdCyT para adaptarlos a los intereses y necesidades de formación de los estudiantes. Es decir, el profesor que aplica una SEA para la enseñanza de un rasgo de la NdCyT desarrolla un CDC que incluye las formas más útiles de representar y formular cómo se organizan, presentan y adaptan los temas o problemas para hacerlos comprensibles a los intereses y habilidades de los estudiantes.

De acuerdo con lo anterior, el esquema estructural de la SEA incluyó actividades de indagación, debates en los que se promueve la argumentación dialógica sobre asuntos tecno-científicos controvertidos de interés social, diversas demostraciones y explicaciones, así como episodios históricos que sirven para ilustrar la NdCyT. El docente aplicó la estructura didáctica de siete fases denominada “ciclo de aprendizaje 7Es” (Eisenkraft, 2003) en el aula que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ciclo de aprendizaje 7Es para la SEA ‘La observación en la ciencia’

Fase	Propósitos de enseñanza	Contextos de enseñanza
1- Extraer	Emerger las concepciones previas y diagnosticar las necesidades de los estudiantes.	Actividades de indagación científica.
2-Envolver	Motivar e involucrar a los estudiantes, despertar su interés y curiosidad.	Episodios históricos que ilustran la NdCyT.
3- Explicar	Comunicar y discutir conceptos, procedimientos y actitudes claves para ofrecer explicaciones argumentadas.	Debates controvertidos sobre cuestiones relevantes de NdCyT.
4-Explorar	Diseñar proyectos, desarrollar predicciones e hipótesis, tomar y analizar datos, discutir, sacar conclusiones y resolver problemas.	Actividades de investigación científica auténticas.
5-Elaborar	Transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios. Comprobar la influencia de la teoría en la observación.	Asuntos tecno-científicos controvertidos de interés social.
6-Evaluar	Argumentar, discutir y reflexionar sobre el estatus de la observación.	Reflexión metateórica sobre lecturas de interés científico.
7-Extender	Comparar teorías y transformar algunas ideas y supuestos iniciales.	Cuestiones sociocientíficas de la construcción del conocimiento.

La utilización de un enfoque explícito y reflexivo para la enseñanza de la NdCyT contribuyó a la apropiación por parte de los estudiantes de determinados aspectos sobre el papel de la observación en las ciencias y permitió alcanzar un nivel de reflexión metacognitiva sobre las diversas actividades y contextos de enseñanza. Además los estudiantes fueron implicados en debates relacionados con diversos aspectos de la NdCyT mediante la argumentación dialógica. Por ejemplo los estudiantes discutieron hipótesis y supuestos con relación a la carga teórica de las observaciones. La participación de los estudiantes en este tipo de actividades complejas y exigentes permitió superar los retos planteados y generaron una mayor demanda a la formación didáctica del docente.

## Representación del Contenido

Las dos herramientas, Representación del Contenido (ReCo) y Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica (Rex-PyP), capturan el CDC de los profesores a partir de los procesos de análisis, cambio y autorregulación desarrollados por el docente. El contenido plasmado en estos documentos permite valorar el desarrollo del CDC del docente. El ReCo, por ejemplo, es útil para extraer las ideas centrales sobre la observación en la ciencia que orientaron la implementación en el aula, los objetivos, las dificultades en el aprendizaje, las ideas previas de los estudiantes y las estrategias didácticas y de evaluación empleadas para cada idea central.

El concepto central de NdCyT que afronta la SEA sobre observación declarado por el docente es: la observación depende de la teoría, en consecuencia, ésta es relativa a lo que el científico haya construido como su corpus teórico. Además, las ideas relevantes para el docente relacionadas con el concepto central anterior son tres (tabla 2).

Idea A: Las experiencias visuales están condicionadas por las propiedades de los ojos, las imágenes formadas en la retina, el evento observado, y por la información en forma de rayos de luz que entra a través de los ojos del observador.

Idea B. La observación en la ciencia depende de la teoría, en consecuencia, la observación es relativa a lo que el científico haya construido como su corpus teórico.

Idea C. Los enunciados observacionales están cargados de teoría y, por lo tanto, son falibles.

Al no disponer de espacio suficiente para mostrar el desarrollo completo que el docente ha realizado en su Re-Co de esas tres ideas, se muestra el desarrollo de la idea central 2 en la matriz Re-Co para la SEA “La observación en la ciencia” implementada en la formación de profesores de ciencias (tabla 2).

Tabla 2. Matriz de Representación del Contenido para la idea central N°. 2 de la SEA 'La observación en la ciencia'

<p><b>CUESTIONES</b></p> <p><b>Co-RES</b></p>	<p><b>IDEA CENTRAL N°. 2</b></p> <p><i>"La observación en la ciencia depende de la teoría, en consecuencia, la observación es relativa a lo que el científico haya construido como su corpus teórico"</i></p>
<p>1. ¿Qué me propongo que los estudiantes aprendan?</p>	<p>Comprobar la influencia que tiene la teoría y la experiencia en la observación.</p>
<p>2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esto?</p>	<p>Es necesario transformar concepciones inductivistas de los estudiantes mediante el análisis del papel de la observación en la ciencia.</p>
<p>3. ¿Qué más debería saber el profesorado acerca de esta idea?</p>	<p>La base sobre la que se construyen leyes y teorías, está formada por enunciados observacionales públicos, no por experiencias subjetivas privadas.</p>
<p>4. ¿Cuáles son las dificultades/ limitaciones que se refieren a la enseñanza de esta idea?</p>	<p>Las figuras <i>Gestalt</i> empleadas podrían haber sido analizadas previamente. Los estudiantes podrían no lograr identificar las imágenes que se observan. Existe una división tajante entre teoría y observación que no se puede mantener.</p>
<p>5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas que pueden influir?</p>	<p>Los estudiantes con frecuencia piensan que la ciencia comienza con la observación, consideran que la observación cuidadosa y sin prejuicios es la base segura del conocimiento científico.</p>
<p>6. ¿Qué otros factores influyen en mi enseñanza de esta idea?</p>	<p>Los estudiantes se han relacionado con el concepto de observación como uno de los pasos fundamentales del método de la ciencia. Los estudiantes disfrutan el trabajo práctico y en grupo, se sienten involucrados en los procesos de construcción de inferencias.</p>
<p>7. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza (y las razones particulares para usarlos)?</p>	<p>La indagación científica, debates controvertidos, análisis de episodios históricos, demostraciones y explicaciones. Estos métodos permiten desarrollar predicciones, tomar y analizar datos, discutir, sacar conclusiones y resolver problemas.</p>
<p>8. ¿Cuáles son las formas de determinar comprensión/ confusión de los estudiantes sobre la idea?</p>	<p>Los argumentos de los estudiantes para resaltar la importancia de los consensos teóricos en la observación científica. Las decisiones que toman los estudiantes durante las discusiones grupales. El profesor introduce algunos errores y espera que los estudiantes lo noten.</p>

El ReCo muestra en la parte superior de cada columna lo que se considera como las “grandes ideas” para la enseñanza de la observación en la ciencia; las ideas necesarias para la comprensión del tema. En la columna de la izquierda aparecen los diferentes aspectos de conocimiento y práctica a modo de preguntas que los profesores deben responder y reflexionar en forma de proposiciones. Este ReCo (tabla 2) representa el CDC del profesor que aplica la SEA debido a que ofrece una visión general de cómo el profesor se acerca a la enseñanza de la totalidad de un rasgo de la NdCyT y muestra las razones (cómo y por qué) que justifican el contenido que se enseña, es decir, incluye los vínculos entre los contenidos, los estudiantes y la práctica de los profesores.

No obstante, el ReCo limita el suministro de información sobre el CDC a las preguntas concretas realizadas en la matriz, y por esta razón se desarrollan también los Rex-PyPs (repertorios de experiencia pedagógica y profesional) para ofrecer una forma menos formalizada que permita aflorar otros aspectos del CDC.

### **Repertorios de experiencia pedagógica y profesional**

Los Rex-PyPs constituyen las narraciones personales de un profesor sobre la enseñanza de un contenido científico. Estas narraciones representan el razonamiento del profesor, es decir, el pensamiento y las acciones con éxito de un profesor de ciencias en la enseñanza de un contenido específico. La tabla 3 muestra algunos extractos del Rex-PyP de la SEA “La observación en la ciencia” donde se ponen de relieve los marcos interpretativos utilizados en su construcción. La función de esta narración es elaborar y dar una idea significativa al lector de los elementos interactivos de la planeación y del desarrollo del CDC sobre la observación en la ciencia, es decir, su comprensión personal acerca de la naturaleza problemática del tema curricular desarrollada a través de su experiencia, en este caso, el papel de la observación en la ciencia. Dicho de otro modo, el Rex-PyP constituye la narración técnica y profesional que un docente transmitiría a otro docente que fuera a implementar por primera vez la misma SEA.

Tabla 3. Aportaciones del Repertorio de Experiencia Profesional y Pedagógica a la SEA ‘La observación en la ciencia’

Aspectos del Rex-PyP	Aportaciones
“La observación en la ciencia tiende a ser presentada a los estudiantes como el primer paso del método científico [...] Yo considero esta idea problemática [...] procuro centrarme en desarrollar competencias científicas”.	El profesor reflexiona sobre su experiencia pasada y su conocimiento deriva de su experiencia práctica.
“Cuando se les indaga acerca de una imagen, ellos no están seguros de qué es lo que observan [...] no hacen la conexión entre fondo-figura en la misma imagen”.	El profesor cuestiona lo que es visto como problemático. Por ejemplo la comprensión sobre la interacción fondo-figura.
“Así que trabajo en función de desarrollar observaciones e inferencias [...] considero que comprender el estatus de la observación en la ciencia es necesario para proveer una concepción adecuada de la NdCyT”.	Las decisiones del profesor están determinadas por las necesidades de los estudiantes (el contexto), el conocimiento del contenido (currículo) y el conocimiento acerca de cómo los estudiantes aprenden (conocimiento pedagógico).
“Entonces, desarrollo una secuencia de actividades [...] Contextualizo la pregunta narrando una historia corta para relacionar los conceptos con la realidad [...] quiero que los estudiantes reflexionen [...] así que propongo que redacten tres conclusiones relevantes”.	El profesor es consciente de su rol de proporcionar oportunidades para la reflexión, discusión y síntesis. Considera relevante contextualizar los contenidos y usa ejemplos cotidianos útiles para influir en el aprendizaje del estudiante.
“A medida que avanzan los debates, vago alrededor y escucho. Les animo a contestar las cuestiones [...] Cuando creo que tienen la idea, cuestiono aún más [...]”.	El profesor es sensible a lo que ocurre en la clase. Escucha y monitorea constantemente el aprendizaje del estudiante. Esto informa las decisiones que se tomarán.

La implementación eficaz de la NdCyT en la formación del profesorado de ciencias no es un proceso sencillo, implica el desarrollo de algunos aspectos del CDC sobre NdCyT que es el resultado de buenas experiencias y prácticas docentes sobre la NdCyT en la enseñanza de un contenido

determinado. Este Rex-PyP plantea la importancia de que los estudiantes desarrollen una comprensión de la idea de carga teórica en la observación y cómo las experiencias visuales no están determinadas por las propiedades de los ojos, las imágenes formadas en la retina, el evento observado, sino que dependen también de la experiencia, el conocimiento, las expectativas y el estado interno en general del observador.

El CDC del docente se desarrolla también desde su experiencia práctica acerca de las ayudas que solicitan los estudiantes cuando se enfrentan a las actividades desarrolladas en el aula: el docente reconoce los conceptos complejos, cuestiona lo que es visto como problemático, y toma decisiones según las necesidades de los estudiantes. Una parte del CDC se refiere a la forma como aprenden los estudiantes, sustentado por su observación investigadora de los estudiantes en los procesos de reflexión en el aula durante la aplicación de la SEA. El siguiente diálogo muestra las dificultades de los estudiantes para acordar lo que están observando, ante la actividad referida a la observación de una típica imagen de Gestalt (¿joven o vieja?).

*Andrés. ¿Es un animal? ¿Qué será?*  
*Yovana. No sé, parece una mujer.*  
*Andrés. ¿Acaso has visto su rostro? ¿O su cabello largo?*  
*George. Podría tener el cabello recogido.*  
*Andrés. ¿Qué vamos a decir... la figura es...?*  
*Yovana. Una mujer bonita.*  
*George. ¿Y cómo sabes que es bonita?*  
*Yovana. Porque tiene ojos azules y un collar en su cuello.*  
*George. ¿Has visto el collar y sus ojos?*  
*Andrés. No, ah ya lo vi. Sí, es una glamurosa mujer.*

Cuando el desarrollo de la SEA estuvo avanzado, tras realizar otras actividades, los estudiantes habían profundizado en las diferencias entre la percepción y la observación. El siguiente diálogo en torno a la figura Gestalt del saxofonista/mujer pone de manifiesto que los estudiantes han aprendido esas diferencias (el docente lo cita en su Rex-PyP como indicador de haber vencido la resistencia de los estudiantes).

*Gina: Esta es fácil, mire, ahí se ve un señor con un instrumento musical.*  
*Andrés: Sí, es un músico que tiene en sus manos una trompeta.*  
*Luis: ¡Una trompeta! No, yo pienso que es un saxofón por la posición del instrumento, las manos y la boca del músico.*

*Andrés: Puede ser, pero mire, si nosotros observamos algo similar implica que nosotros compartimos conocimientos y teorías acerca de la figura.*

*Gina: Sí, yo supe de una que era un músico porque yo estudié el bachillerato en el Conservatorio de Música del Tolima.*

*Diego: Dónde... yo no veo ni la trompeta ni el saxofón. Yo lo que veo es un rostro, sí, se trata de una mujer.*

*Andrés: Ah sí, en el fondo hay una mujer que está observando al saxofonista. Tal vez él está tocando para ella.*

*Diego: O es un recuerdo de aquel hombre.*

*Luis: Qué curioso, cada uno de nosotros al ver la figura pudimos observar algo distinto.*

*Gina: Así es, lo que a nosotros nos parece dulce puede resultar a otros desabrido.*

*Diego: Sí, son reacciones espontáneas, uno no piensa en algo, simplemente se ve.*

*Andrés: Estas imágenes cambian espontáneamente de una forma a la otra cuando las miramos, nada sensorial se ha modificado, y, sin embargo, uno ve cosas diferentes. Por ejemplo, yo al principio pensé que era una trompeta y no me había dado cuenta de la otra figura.*

*Gina: Yo también, pero lo que cambia no es la organización de lo que uno ve, sino más bien la manera en que se comprenden los elementos.*

*Luis: Si ver cosas diferentes implica la posesión de conocimientos y teorías diferentes acerca de la figura, entonces quizás en cierto sentido la visión tiene una carga teórica.*

Las numerosas actividades de reflexión en la enseñanza permitieron a los estudiantes construir una mejor comprensión sobre la naturaleza de la ciencia. Esto se evidencia en las conclusiones que expresan los estudiantes al final del proceso de intervención en el aula de clase, las cuales hacen hincapié en las siguientes ideas adecuadas sobre la observación: la construcción de los hechos científicos no se basa exclusivamente en la observación, como atribuyen los inductivistas, sino que es guiada desde la teoría.

Otra idea clave es la diferencia entre ver y percibir. A través de nuestra percepción somos capaces de captar el mundo que nos rodea, pero percibir es un acto más complejo de lo que parece, ya que no se limita a fotografiar la realidad.

- Lo que ve un observador, la experiencia visual subjetiva que tiene cuando ve un objeto o una escena, no está determinado únicamente por las imágenes formadas en sus retinas sino que depende también de la experiencia, el conocimiento, las expectativas y el estado interno en general del observador. Por eso, más que fotografiar lo real, lo que hacemos es adaptarlo o interpretarlo de acuerdo a nuestras condiciones subjetivas.

- Dos personas que observen el mismo objeto desde el mismo lugar y en las mismas circunstancias no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales aunque las imágenes que se produzcan en sus retinas sean prácticamente idénticas. El objeto puede ser el mismo, pero la manera en que lo percibimos o la manera en que interpretamos lo que percibimos puede cambiar.

La implementación de la SEA permitió que, ante diferentes problemas que involucran observaciones, los estudiantes-profesores de ciencias en formación desarrollen competencias básicas para: determinar cómo los conocimientos previos, experiencias y teorías influyen en el proceso de observación; establecer diferencias entre percepción, observación e inferencia; evidenciar cómo a partir de un mismo objeto observado, las personas suelen dar diferentes respuestas a la misma pregunta y argumentar la importancia de los consensos teóricos en la observación científica.

Finalmente, el informe del docente sobre los elementos y estructuras de la SEA sugirió diversas propuestas de mejora. En primer lugar incluir una reflexión sobre la observación desde una perspectiva meta-teórica. En segundo lugar, el análisis y discusión en torno a las figuras Gestalt debe asegurarse de proponer figuras que sean desconocidas para los estudiantes, pues de otro modo pierden su utilidad provocadora y crítica. En tercer lugar, el docente considera que la actividad de enganchar (motivar) a los estudiantes no fue eficaz para lograr este objetivo, proponiendo su sustitución por un análisis del histórico experimento de Hertz.

## Conclusiones

La aplicación de la SEA sobre la observación en la ciencia propicia el cuestionamiento de la observación como fuente inequívoca de conocimiento científico y favorece la reflexión sobre la carga teórica en las observaciones. Además, al implementar una metodología de intervención innovadora y no tradicional en el aula, se generó un cambio didáctico que estimuló en el docente la creación de nuevos significados profesionales en sus tareas y actividades, así como alcanzar fundadamente la satisfacción de lograr un aprendizaje atractivo para los estudiantes, reflejado en la motivación hacia la toma de decisiones por consenso y la argumentación, el aprendizaje autónomo, el trabajo compartido en equipo, la autorreflexión y el diálogo (Abd-el-Khalick & Akerson, 2009; Gess-Newsome, 2002; Vázquez, Manassero & Acevedo, 2006).

El Re-Co facilita el desarrollo y explicitación de las ideas didácticas del docente a partir de la implementación de la SEA. Esta permitió fijar las ideas centrales sobre el papel de la observación en la ciencia, la observación depende de la teoría, en consecuencia, ésta es relativa a lo que el científico haya construido como su corpus teórico. La complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje demanda del docente que aplica una SEA diversos procesos de reflexión que van desde la apropiación curricular hasta la adaptación al contexto. Asimismo, es importante que los profesores desarrollen procesos de apropiación de los materiales y las metodologías innovadoras para la enseñanza de NdCyT en el aula. El Re-Co permite sistematizar externamente ese conjunto de decisiones que están en el cerebro del docente. Re-Co y Rex-PyPs son instrumentos útiles para el desarrollo del CDC de los profesores al promover la reflexión sobre lo que los profesores hacen en el aula y por qué lo hacen de un determinado modo. Ambos instrumentos permiten explicitar —a grandes rasgos— las decisiones que toman los docentes, entre ellas, las relaciones contenido-estudiantes-práctica docente y conocer las concepciones epistemológicas que sustentan.

Un aspecto relacionado con el cambio didáctico como motor del desarrollo profesional es que los profesores realizan transformaciones en sus concepciones y prácticas docentes cuando son capaces de construir nuevos roles a través de la reflexión crítica (Níaz, 2006). En este sentido es interesante la relación entre la capacidad de meta-cognición que implica la SEA sobre NdCyT y el cambio didáctico del profesorado. La implementación de la SEA sobre observación potencia la reflexión en y sobre la acción, la toma de conciencia sobre los obstáculos para el cambio didáctico, y la discusión y argumentación en el aula para hacer más explícita la comprensión NdCyT. El cambio se rige por dinámicas internas, complejas, autónomas, y muy relacionadas con el contexto; su evolución y autorregulación requiere mucho más tiempo y apoyos que la puesta en práctica superficial de orientaciones externas. Los instrumentos Re-Co y Rex-PyPs son útiles también para explicitar los cambios didácticos que se derivan de la práctica docente y los resultados de aprendizaje.

En suma, los instrumentos de registro del conocimiento didáctico y el contenido de los docentes Re-Co y Rex-PyPs son instrumentos eficaces de autoformación para el docente, especialmente ante temas y contenidos curriculares que reúnen rasgos de dificultad o innovación

reconocidos, como es el caso de NdCyT. Su papel como instrumentos de auto-mejora en la formación de los docentes aún está poco explorado, y su uso formador, en contextos donde los resultados se comparten colectivamente entre iguales, parece que puede ser aún más ilimitado y puede ser una línea de investigación-acción prometedora.

## Referencias

- ABD-EL-KHALICK, F. & AKERSON, V. (2009). 'The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers conceptions of nature of science'. *Journal of Science Education* [31, 2161-2184].
- ACEVEDO, J. A. (2009a). '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].
- \_\_\_\_ (2009b). 'Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva'. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [6, 2, 164-189].
- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2006). 'La epistemología en la formación de profesores de ciencias'. *Educación y Pedagogía XVIII* [45, 25-36].
- AKERSON, V. L.; HANSON, D. L. & CULLEN, T. A. (2007). 'Influence of guided inquiry and explicit instruction K6 teachers views nature of science'. *Journal of Science Teacher Education* [18, 5, 751-772].
- BENNÁSSAR, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO M. A. & GARCÍA-CARMONA, A. (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. Recuperado el 11 de enero de 2014 de [www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf](http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf).
- BUTY, C.; TIBERGHEN, A. & LE MARÉCHAL, J. F. (2004). 'Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences'. *Journal of Science Education* [26, 5, 579-604].
- DENG, F.; CHEN, D. T.; TSAI, C. C. & CHAI, C. S. (2011). 'Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research'. *Science Education* [95, 961-999].
- EISENKRAFT, A. (2003). 'Expanding the model 5E'. *The Science Teacher* [70, 6, 57-59].
- GESS-NEWSOME, J. (2002). 'The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course'. *Science & Education* [11, 1, 55-67].

- HÖTTECKE, D. & SILVA, C. C. (2011). 'Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge - An Analysis of Obstacles'. *Science & Education* [20, 3-4, 293-316].
- GARCÍA-CARMONA, A.; VÁZQUEZ, A. & 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* [29, 3, 403-412].
- KHISHFE, R. (2008). 'The development of seventh graders views of nature of science'. *Journal of Research in Science Teaching* [45, 4, 470-496].
- LEDERMAN, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. ABELL, S. K. & LEDERMAN, N. G. [Eds.] *Handbook of research on science education* [831-879]. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- LOUGHRAN, J.; BERRY, A. & MULHALL, P. [Eds.] (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- MANASSERO-MAS, M. A.; BENNÀSSAR-ROIG, A.; ORTIZ-BONNIN S. & MORALEJO, R. O. (2013). *Innovar la educación en ciencias a través de enseñar y aprender acerca de la naturaleza de ciencia y tecnología*. [Comunicaciones al IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias]. Gerona, España.
- MATKINS, J. J. & BELL, R. L. (2007). 'Awakening the scientist inside: global climate change and nature of science in science methods course'. *Journal of Science Teacher Education* [18, 2, 137-163].
- MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P. & ALMAZROA, H. (1998). 'The role and character of the nature of science in science education'. *Science & Education* [7, 6, 511-532].
- RUDOLPH, J. L. (2000). 'Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component'. *Journal of Curriculum Studies* [32, 3, 403-419].
- SCHWARTZ, R. & LEDERMAN, N. G. (2002). 'It's the nature of the beast: the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science'. *Journal of Research in Science Teaching* [39, 3, 205-236].
- STENHOUSE, L. (1991). *Investigación y desarrollo del currículo*. Madrid: Morata.
- TORBERT, W. & Associates (2004). *Action Inquiry: The Secret of Timely and Transforming Leadership*. San Francisco: Berrett-Koehler Pub. Inc.
- VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A. & ACEVEDO, J. A. (2006). 'An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society'. *Science Education* [90, 4, 681-706].
- VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A.; ACEVEDO, J. A. & ACEVEDO, P. (2007). 'Consensos sobre naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos'. *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias* [4, 2, 202-225].
- WHITEHEAD, J. & MCNIFF, J. (2006). *Action Research Living Theory*. London: Sage.

**Apéndice 1. REPRESENTACIÓN DE CONTENIDOS (Re-Co)**

<b>Título de SEA / UD</b>  ...	<b>CONCEPTO CENTRAL DE NATURALEZA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA QUE AFRONTA LA SEA</b>		
	<b>Ideas relevantes sobre la naturaleza de ciencia y tecnología (relacionadas con el concepto central anterior)</b>		
	Idea A. ...	Idea B. ...	Idea C. ...
<b>Profesor(a) ...</b>			
1. ¿Qué me propongo que los estudiantes aprendan?			
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esto?			
3. ¿Qué más debería saber el profesorado acerca de esta idea?			
4. ¿Cuáles son las dificultades / limitaciones que se refieren a la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas que pueden influir?			
6. ¿Qué otros factores influyen en mi enseñanza de esta idea?			
7. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza (y las razones particulares para usarlos)?			
8. ¿Cuáles son las formas de determinar comprensión/confusión de los estudiantes sobre la idea?			

Apéndice 2. REPERTORIO DE EXPERIENCIA PROFESIONAL Y  
DIDÁCTICA  
(Rex-PyD).

Guía orientativa	Evidencias / pruebas...
Reflexiones (escriba...)	(escriba...)
Valoraciones (escriba...)	(escriba...)
Comentarios (escriba...)	(escriba...)
Anotaciones (escriba...)	(escriba...)
¿Qué recomendaciones haría a otro colega que quiera aplicar esta misma SEA/UD? (escriba...)	(escriba...)
Otros (escriba...)	(escriba...)