

Enseñanza de la naturaleza de la ciencia como vía para mejorar el conocimiento pedagógico del contenido

Teaching nature of science improves pedagogical content knowledge

Valeria Leticia Calagua Mendoza, Leonor Silva Schütte y Genaro Zavala Enríquez
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Perú.

Resumen

El presente artículo hace referencia a la investigación realizada sobre el conocimiento pedagógico del contenido desarrollado por un grupo de estudiantes de formación docente de educación primaria, tras la implementación de una propuesta didáctica que inserta aspectos relacionados a la naturaleza de la ciencia integrada a los contenidos de ciencia del currículum. La evaluación de los resultados se realiza a través del análisis de las respuestas dadas a algunos ítems del Cuestionario de Opiniones de Ciencia, Tecnología y Sociedad – COCTS y de la Matriz de Representación del Contenido – ReCo elaborada por las estudiantes que conformaron la muestra. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que una mejora del conocimiento de la naturaleza de la ciencia, provoca también un progreso del conocimiento pedagógico del contenido del grupo muestral. No obstante, pese a la mejora percibida en las estudiantes de la muestra, el índice global ponderado de las creencias y actitudes en aspectos relativos a la naturaleza de la ciencia, se mantiene en valores muy próximos a cero, lo cual confirma cuán alejadas se encuentran las creencias de las estudiantes en relación a las opiniones de los expertos, aún tras haber recibido una enseñanza explícita y reflexiva, resultado que coincide con estudios similares realizados recientemente.

Palabras clave: naturaleza de la ciencia; conocimiento pedagógico del contenido; formación docente.

Abstract

This article refers to the research on the pedagogical content knowledge developed by a group of students from primary school teacher training, following the implementation of a teaching proposal that inserts aspects related to the nature of science integrated content science curriculum. The evaluation of the results was done through the analysis of the responses to some items of the questionnaire Reviews of Science, Technology and Society - COCTS and Matrix Representation of Contents - ReCo prepared by the students who formed the sample. The results show that an improved understanding of the nature of science, also causes an improvement of pedagogical content knowledge of the sample group. However, despite the perceived improvement in the students in the sample, the overall rate weighted beliefs and attitudes on issues related to the nature of science, remains very close to zero, which confirms how far are beliefs of students in relation to the opinions of experts, even after having received an explicit and reflective teaching, finding consistent with similar recent studies.

Keywords: nature of science; pedagogical content knowledge; teacher training.

1. INTRODUCCIÓN

La gran responsabilidad que tiene la escuela en desarrollar la creatividad y el espíritu innovador de los estudiantes para que puedan hacer frente a los problemas cotidianos que se les presentan, encuentra su aliada por excelencia en la ciencia, pues su aprendizaje desde temprana edad, facilita la adquisición de competencias y destrezas básicas para tomar decisiones, resolver problemas, vivir de manera solidaria con las personas y responsable con el medio ambiente. Sin embargo, hacer esto posible es una de las mayores encrucijadas de los profesores de ciencias, quienes batallan con la realidad de ver cómo los jóvenes se alejan de la ciencia y no encuentran el conocimiento científico útil para su uso cotidiano y personal. Pese a los cambios curriculares que se han ido dando en los últimos años en el Perú, país de aplicación de esta investigación, aún hay un notable olvido respecto a los conocimientos “sobre” la ciencia. Estos, que se refieren al funcionamiento de la ciencia, a los métodos que utiliza para construir y difundir su conocimiento, a los valores implicados en las actividades científicas, a las características de la comunidad científica, a los vínculos entre la ciencia y la tecnología, a las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico, constituyen los contenidos de la llamada naturaleza de la ciencia (Vázquez y Manassero, 2012). Esta ausencia también se aprecia en el currículo de formación docente por la que los futuros profesores no reciben desde su formación inicial preparación en estos aspectos que actualmente enmarcan la enseñanza en ciencias de numerosos países.

98

Si los profesores no cuentan con la preparación adecuada para dictar estos contenidos y más aún, estos no se encuentran contemplados explícitamente en el currículo escolar, no existe culpabilidad ni responsabilidad alguna por no enseñarlos. No obstante, los resultados obtenidos en las evaluaciones censales aplicadas a nivel nacional y el alejamiento de los estudiantes de las carreras de ciencia, son apenas los más notorios indicadores de la pobre enseñanza científica que se imparte en las aulas peruanas. Esta situación da cuenta de la necesidad de desarrollar en los profesores el conocimiento pedagógico del contenido, como parte de su saber docente que combina adecuadamente los aspectos teóricos, metodológicos y de contexto que debe tener en cuenta para adecuar determinado contenido a los estudiantes, a fin de hacerlo relevante para ellos, aumentando la posibilidad de lograr aprendizajes significativos. A la fecha de realización de esta investigación, no se encontraron evidencias de estudio del conocimiento pedagógico del contenido en ciencias en la República del Perú. En cuanto a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, la evidencia

más cercana aplicada en Latinoamérica, hace referencia al proyecto Enseñar y Aprender la Naturaleza de Ciencia y Tecnología (EANCYT), que promueve su enseñanza relacionándola con los demás temas de ciencia, no obstante en el Perú no se tienen evidencias del desarrollo de este proyecto.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

El objetivo que subyace en toda educación de formar personas integrales, es la misma intención que persiguen las teorías actuales de aprendizaje que lideran los currículos de nuestros países, sin embargo es aún bastante común que en ciencias se siga recurriendo a una transmisión de conceptos *ex cathedra*, en la que el profesor es el dueño del saber que lo vierte a sus alumnos dejando de lado las situaciones particulares que estos viven y sin tomar en cuenta los métodos más adecuados para acercarlos a dichos conceptos. Ante esta realidad, surge la necesidad de ubicar la enseñanza de las ciencias en el marco de las demandas sociales (Leymonié *et al.*, 2009) que ha sido recogida en la IX Conferencia Iberoamericana de Educación y traducida en la necesidad de la alfabetización científica de las personas, destacando la responsabilidad que tiene el Estado de proporcionar a todos los ciudadanos las oportunidades necesarias para adquirirla (Declaración de la Habana, 1999), reconociendo a la ciencia y a la tecnología como los factores más influyentes en la vida de las personas (Tamayo y Orrego, 2005).

En esta nueva dinámica cultural surge el concepto naturaleza de la ciencia para describir el trabajo científico en educación en ciencias y cómo la sociedad en sí misma dirige y reacciona frente a los desafíos científicos (Tamayo y Orrego, 2005). La naturaleza de la ciencia es pues, un meta conocimiento sobre la ciencia, que encierra todas aquellas características de la ciencia como forma de construir conocimiento (Vázquez *et al.*, 2004), ubicándose en la intersección de diversos campos disciplinares en los cuales destacan: la historia y la filosofía de la ciencia, la sociología de la ciencia, y la psicología de la ciencia, áreas que nutren sus reflexiones (Tamayo y Orrego, 2005). Estas características incluyen asuntos que van más allá de los resultados de la ciencia misma, como son los procesos o métodos con que validan el conocimiento científico, los valores que implican sus actividades, las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, las relaciones sociales en el interior de la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración (Vázquez *et al.*, 2004). Es

así que el enseñar los aspectos que encierra la naturaleza de la ciencia, orienta y permite a los profesores presentar la ciencia de manera más humana y real a sus estudiantes, mostrando los alcances y limitaciones de los conceptos que estudia, reconociendo su carácter temporal y cambiante por la evolución de las teorías y de los modelos que los explican, constituyéndose por esto un dominio básico del conocimiento de todo profesor de ciencias (Tamayo y Orrego, 2005). No obstante, como señala Acevedo (2010), no es suficiente una comprensión adecuada de los aspectos que encierra la naturaleza de la ciencia, pues para enseñarla es necesario que el profesor crea en su capacidad para enseñarla y desee hacerlo, aspectos que conectan con su dimensión afectiva.

Al ser la naturaleza de la ciencia un metaconocimiento, requiere de un enfoque explícito - reflexivo para su abordaje en el aula. El enfoque explícito es de naturaleza curricular, por el que los aspectos que abarca la naturaleza de la ciencia deben ser planificados del mismo modo como los demás contenidos conceptuales (Acevedo, 2009, 2010). El enfoque reflexivo supone que los estudiantes analicen las actividades que ejecutan en el aula desde diversas perspectivas y conecten esas actividades con las que realizan los científicos y lleguen a hacer generalizaciones en relación a las temáticas que van desarrollando (Acevedo, 2009).

100

2.2 CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO

La necesidad de contar con personas competentes capaces de enfrentar los continuos cambios de la sociedad actual, ha hecho que la mirada de los gobiernos se pose en la educación, promoviendo reformas curriculares y capacitación de docentes de todos los niveles. En ciencias, estas reformas suponen la forma misma de concebir la finalidad de su enseñanza: mientras que en décadas pasadas se buscaba la adquisición del conocimiento de las teorías científicas, ahora se busca un mayor acercamiento de las ciencias a la sociedad, poniendo especial atención en promover la alfabetización científica y tecnológica (Vilches y Furió, 1999). Sin embargo, a pesar del énfasis puesto, de la inversión realizada en las capacitaciones a docentes y en la implementación de recursos diversos, se viene comprobando que existe muy poco interés por parte de los estudiantes hacia las materias científicas, que se traduce en la poca demanda de carreras profesionales relacionadas a éstas. Ante esta realidad tan comprometedora para los profesores de ciencia, muchos prefieren deslindar responsabilidades atribuyendo el poco interés a causas externas como las distracciones a las que se

ven sometidos los estudiantes, la influencia del ambiente en que se encuentran (Vilches y Furió, 1999), o la dificultad inherente que estas materias presentan (Gil *et al.*, 1991).

Estas justificaciones puestas todas en la acción del estudiante y su entorno, no consideran la forma de enseñanza, la organización del contenido, ni las actitudes del profesor, tan importantes para suscitar la motivación en el alumnado, factor determinante para lograr el éxito en cualquier materia. Se hace urgente pues que los docentes posean dominio no solo en cuanto su materia se refiere si no a las formas en que la imparten de modo que las hagan válidas y relevantes para los estudiantes y se supere la habitual repetición de experiencias que poco o nada se conectan con los contenidos teóricos que se abordan en el aula (Vilches y Furió, 1999). En este contexto surge el concepto del conocimiento pedagógico del contenido como una de las categorías del conocimiento docente definido como: "...las más poderosas formas de representación (...), analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones, o sea, las formas de representar y formular la materia para hacerla comprensible a otros..." (Shulman, 1986). El conocimiento pedagógico del contenido, representa la intersección entre los conocimientos teóricos y pedagógicos que permiten al docente una comprensión más amplia del cómo organizar, representar y adaptar distintos temas a los diversos intereses y capacidades de sus alumnos (Fonseca, 2009). Este conocimiento demanda como señala Talanquer (2004), que el docente sea capaz de: identificar ideas, conceptos y preguntas centrales asociados con un tema; reconocer las probables dificultades conceptuales que enfrentarán sus alumnos y su impacto en el aprendizaje; identificar preguntas, problemas o actividades que obliguen al estudiante a reconocer y cuestionar sus ideas previas; seleccionar experimentos, problemas o proyectos que permitan que los estudiantes exploren conceptos e ideas centrales en la disciplina; construir explicaciones, analogías o metáforas que faciliten la comprensión de conceptos abstractos; diseñar actividades de evaluación que permitan la aplicación de lo aprendido en la resolución de problemas en contextos realistas y variados.

El conocimiento pedagógico del contenido adquiere especial relevancia en la enseñanza de las ciencias, por permitir comprender cómo ciertos temas particulares de las diversas áreas científicas que contempla el currículo, se organizan para ser enseñados según los intereses y habilidades de los estudiantes (Tamayo y Orrego, 2005). Estos mismos autores señalan que el profesor de ciencias debe desarrollar un conocimiento del contenido para las temáticas específicas a enseñar, por cuanto éstas requieren de estrategias también específicas al

momento de ser abordadas con los estudiantes. El manejo que el docente posea del contenido - específico y estrategias- específicas, será responsable de la organización de los contenidos y la elección de estrategias didácticas y evaluativas que delimitarán su actuación en el aula. Es preciso señalar que este manejo no responde únicamente a un dominio conceptual, porque a él se integran las demás dimensiones que atienden al desarrollo humano del docente como la afectiva, la emocional, la motivacional, entre otras, las cuales moldean las creencias y percepciones que tiene sobre el área que enseña y su función en la escuela y la sociedad, creencias que aunque implícitamente transmitirá a sus estudiantes.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación está caracterizada como un estudio correlacional, cuya metodología corresponde al diseño experimental, de tipo de pre test y re test con un solo grupo. Al incluirse en este estudio dos variables de diferente naturaleza, se consideró pertinente recurrir a la metodología mixta siguiendo la ruta que establece el diseño convergente paralelo propuesto por Valenzuela y Flores (2012), por la cual se implementaron de forma simultánea e independiente las componentes cuantitativa (CUAN) y cualitativa (CUAL) de la investigación, que atiende la clasificación dada por Johnson y Onwuegbuzie (2004).

102

Siguiendo la propuesta de Valenzuela y Flores (2012) para la investigación mixta, se decidió considerar muestras en número diferente para ambas variables. Es por esto que para la componente cuantitativa – CUAN, el grupo experimental constó de las 29 estudiantes de formación docente de cuarto año de la especialidad de educación primaria del Instituto Pedagógico Nacional Monterrico mientras que para la componente cualitativa - CUAL, se organizó al mismo grupo en pares de estudiantes quedando la muestra conformada por 15 parejas.

Se utilizaron dos instrumentos, uno por cada variable de estudio. Para la componente cuantitativa, se consideraron 21 cuestiones de los nueve temas que se asumen desde el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad – COCTS (Acevedo *et al.*, 2002a; 2002b; Vázquez *et al.*, 2006a; 2006b; 2006c; Bennassar *et al.*, 2007; Vázquez, 2012). Las cuestiones escogidas se seleccionaron a partir de aquellos subtemas que se relacionan más directamente con el quehacer pedagógico y su relación en la sociedad, atendiendo

así el contexto de la muestra seleccionada y los fines de esta investigación. Estas 21 cuestiones, que se muestran en la tabla 1, constituyeron un único instrumento aplicado antes (pre-test) y después (re-test) de la aplicación de la propuesta didáctica.

TABLA 1

Temas, subtemas y cuestiones del COCTS aplicado

Temas	Subtemas	Cuestiones
Definiciones		
1. Ciencia y Tecnología	01. Ciencia	10111, 10113
	02. Tecnología	10211
Sociología externa de la ciencia		
2. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/ Tecnología	05. Instituciones educativas	20511
	07. Influencia sobre científicos	20711
3. Influencia triádica	01. Interacción Ciencia/ Tecnología/Sociedad	30111
4. Influencia de Ciencia/ Tecnología sobre la Sociedad	01. Responsabilidad social	40111
	05. Bienestar económico	40511
5. Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad	01. Unión dos culturas	50111
	02. Fortalecimiento social	50211
	03. Caracterización escolar de la ciencia	50311
Sociología interna de la ciencia		
6. Características de los científicos	01. Motivaciones	60111
	04. Capacidades	60411
	05. Efectos de género	60521
7. Construcción social del conocimiento científico	05. Interacciones sociales	70511
	07. Influencia nacional	70711
8. Construcción social de la Tecnología	02. Autonomía de la tecnología	80211
9. Naturaleza del conocimiento científico	02. Modelos científicos	90211
	04. Provisionalidad	90411
	06. Aproximación a las investigaciones	90611, 90621

Para la componente cualitativa, se pidió la construcción de la matriz de Representación del Contenido- Re-Co propuesta por Loughran *et al.*, (2004), adaptada para los fines de la investigación. En esta matriz que constó de una tabla de 30 espacios, las estudiantes que conformaron la muestra, debían seleccionar las cinco ideas centrales que consideraban debían ser trabajadas en el nivel primario en relación a un tema específico. Los grandes temas de donde debían seleccionar las ideas centrales fueron el calor, en la primera aplicación y los temas de luz o sonido, en la segunda aplicación de este instrumento. Además,

debían precisar el grado de estudio de la primaria al cual correspondían esas ideas seleccionadas. En la primera columna se ubicaron las seis preguntas planteadas que van en correspondencia directa con los componentes del conocimiento pedagógico del contenido propuestos por Magnusson *et al.* (1999). Estas preguntas fueron las mismas en la primera y segunda aplicación de este instrumento y son las que se muestran en la tabla 2.

TABLA 2
Matriz de Representación del Contenido

	Idea central 1	Idea central 2	Idea central 3	Idea central 4	Idea central 5
¿Qué intentas que los estudiantes aprendan de esta idea?					
¿Por qué es importante para los estudiantes aprender esta idea?					
¿Cuáles son las limitaciones y dificultades que encuentras en la enseñanza de esta idea?					
¿Qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de esta idea?					
¿Qué procedimientos empleas para que los alumnos se comprometan con esta idea?					
¿Qué maneras específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre esta idea?					

4. PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica se aplicó durante tres meses, en los que se abordaron aspectos de la naturaleza de la ciencia unida a los contenidos de ciencia del currículo como vía para favorecer el desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido de estudiantes de formación docente.

Los contenidos de ciencia del currículo, se hallaban especificados en el currículo de formación docente de los estudiantes que conformaron la muestra y correspondían a temas de luz y sonido.

TABLA 3

Frases con las puntuaciones más bajas obtenidas en el pre-test

	Índice	Frase	Aspectos más débiles de la naturaleza de la ciencia
A50311F	-0.836	Ninguno, ni los programas de TV ni las clases de ciencias dan imágenes exactas de la ciencia. Los programas de TV exageran, distorsionan y simplifican en exceso. Las clases de ciencias sólo dan apuntes, problemas y detalles que no se aplican en la vida diaria.	Influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad, en relación al fortalecimiento social y a la caracterización escolar de la ciencia.
I50211C	-0.672	Porque la ciencia enseña hechos valiosos y el método científico para resolver cosas.	
I30111G	-0.759	Ciencia \longleftrightarrow Tecnología Sociedad	Interacción ciencia – tecnología – sociedad
I90611E	-0.681	Comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.	Naturaleza del conocimiento científico, en cuanto a la aproximación a las investigaciones.
I90611D	-0.655	Obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.	
P20711B	-0.655	Porque algunas familias animan a los niños a preguntar y cuestionarse cosas. Las familias enseñan valores que se mantienen para el resto de la vida.	Influencia de la Sociedad sobre los científicos

Los aspectos de la naturaleza de la ciencia que se trabajaron fueron considerados a partir de los resultados obtenidos en el pre-test de la investigación. Con estos resultados, se determinaron las principales carencias formativas de los estudiantes por ser los aspectos más discordantes (débiles) con una com-

presión adecuada de la ciencia y tecnología desde una perspectiva actual de la filosofía, historia y sociología de la ciencia. (Vásquez *et al.*, 2006a; 2006b; Bennàssar *et al.*, 2007), los cuales se muestran en la tabla 3.

La intervención en el aula se planificó bajo la secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA), por sostener un modelo ligado a los aprendizajes de inspiración activa, argumentadora y constructivista (Duschl, Maeng y Sezen, 2011). No obstante, se consideró realizar la metacognición luego de cada momento de clase, no como un momento aparte si no como una actividad constante en que los estudiantes, futuros maestros, reflexionaron sobre su propio aprendizaje proyectándolo sobre su actuación en el aula con los niños.

5. RESULTADOS

Para el procesamiento de los resultados obtenidos del COCTS, se calculó el índice de cada categoría con los valores normalizados, esto es, convertidos de las puntuaciones directas dadas por los estudiantes a un parámetro de -1 a +1 según lo calificado por los expertos. Con estos resultados individuales, se calculó el índice global ponderado para toda la muestra. En la tabla siguiente, donde se muestran los parámetros estadísticos calculados en ambos momentos de la investigación, se aprecia que tanto en el pre-test como en el re-test aplicados, la media del Índice global ponderado es positiva pero muy próxima a cero, siendo para la primera aplicación $x=0.035$, D.E= 0.185 y para la segunda $x=0.071$, D.E= 0.179.

Aunque la media del índice global ponderado alcanzado en el pre-test muestra un valor positivo, éste es muy próximo a cero ($x=0.035$, D.E= 0.185) y el resultado más bajo de los obtenidos en estudios de diagnóstico realizados con estudiantes de formación docente inicial semejantes a la muestra de esta investigación (Acevedo *et al.*, 2005a; Vásquez *et al.*, 2006a; Bennàssar *et al.*, 2007; Callejas y Vázquez, 2009). Entre estos estudios destaca el proyecto PIEARCTS por haberse realizado con estudiantes de formación docente inicial de países iberoamericanos (Bennàssar *et al.*, 2007). Sin embargo, es necesario resaltar que el resultado obtenido en este proyecto pudo verse afectado porque en los currículos de los países participantes se consideran contenidos sobre la naturaleza de la ciencia, situación a la que era ajena la muestra en esta primera fase de la investigación, por no estar incluidos estos contenidos en el currículo de formación docente para los futuros profesores peruanos.

TABLA 4

Parámetros estadísticos de la distribución de la media de los índices actitudinales normalizados (1,+1) correspondientes a las respuestas de la muestra respecto al conjunto de ítems y frases del COCTS aplicados en el pre-test y re-test

	Índice Global Ponderado		Adecuadas		Plausibles		Ingenuas		Puntuaciones medias de cada frase	
	Pre-test	Re-test	Pre-test	Re-test	Pre-test	Re-test	Pre-test	Re-test	Pre-test	Re-test
Media	0,035	0,071	0,338	0,354	-0,111	-0,114	-0,111	-0,028	-0,033	0,011
Desviación estándar	0,185	0,179	0,378	0,331	0,188	0,162	0,359	0,307	0,397	0,369
Máximo	0,418	0,460	0,784	0,784	0,247	0,178	0,735	0,582	0,828	0,793
Mínimo	-0,319	-0,339	-0,836	-0,457	-0,431	-0,469	-0,603	-0,532	-0,836	-0,759
Rango	0,737	0,799	1,620	1,241	0,678	0,647	1,338	1,114	1,664	1,552

A fin de establecer si existía relación entre los dos constructos en estudio, se comparó el promedio de las puntuaciones medias de cada pareja alcanzados en el pre-test y re-test, con la valoración de las matrices de Representación del Contenido desarrolladas antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica respectivamente, las cuales quedan especificadas en la tabla 5. El promedio de cada pareja se obtuvo a partir del promedio individual de cada estudiante. La escala valorativa sobre la cual se revisó la matriz Re-Co fue dada a partir de la rúbrica de evaluación elaborada para este fin. Los números que aparecen entre paréntesis corresponden a la puntuación total obtenida por cada pareja en su matriz Re-Co.

En la tabla siguiente, se puede apreciar que aunque los promedios obtenidos en el re-test por el 86,6% de las parejas se optimizan en relación a los obtenidos en el pre-test, estos siguen estando muy próximos al cero. Así mismo, pese a que el 80% de las parejas mejoran su conocimiento pedagógico del contenido, éste solo llega a ser Excelente en una pareja que equivale al 6,6% de la muestra.

TABLA 5

Resultados obtenidos por cada pareja antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica.

Pareja	COCTS		Re-Co	
	Pre-test	Re-test	Antes	Después
1	-0,014	-0,003	Regular (3,25)	Regular (4,25)
2	-0,181	-0,019	Regular (3,25)	Regular (4,5)
3	-0,006	-0,003	Regular (2,5)	Regular (3,75)
4	0,049	0,046	Deficiente (2,0)	Bueno (5,0)
5	0,048	0,034	Deficiente (2,25)	Regular (2,75)
6	-0,078	0,032	Deficiente (2,0)	Regular (3,75)
7	0,042	0,074	Regular (2,5)	Bueno (6,25)
8	-0,150	-0,081	Regular (2,5)	Bueno (6,25)
9	0,004	0,058	Deficiente (2,25)	Bueno (5,75)
10	-0,027	-0,002	Deficiente (2,25)	Bueno (5,0)
11	-0,068	0,004	Deficiente (2,25)	Excelente (8,0)
12	0,015	0,056	Regular (2,75)	Bueno (5,0)
13	-0,071	-0,028	Deficiente (2,0)	Regular (3,25)
14	-0,013	0,009	Deficiente (2,0)	Regular (4,75)
15	-0,060	-0,025	Regular (3,0)	Bueno (7,0)

6. DISCUSIÓN

Pese a que el incremento positivo en la media del índice global ponderado obtenida en el re-test ($x = 0.071$, D.E = 0.179) confirmaría la efectividad de la aplicación de la propuesta didáctica, no deja de preocupar el valor tan bajo de este resultado, considerando que se trata de estudiantes que se encuentran en octavo ciclo de formación docente, muy próximas a asumir la conducción de la

enseñanza de la ciencia en un aula específica del nivel primario. No obstante, aunque las estudiantes que conformaron la muestra no presenten creencias y actitudes del todo adecuadas en aspectos relativos a la naturaleza de la ciencia, la mejora, aunque leve de éstas, cambia su posibilidad de enseñanza, por ofrecerles mayores elementos para contextualizar los conceptos que deben enseñar.

Esto se hace evidente en el cambio en las ideas que son consideradas como centrales de cada contenido. Mientras que en la primera aplicación las estudiantes de la muestra tienden a seccionar el tema en apartados clásicos que abarcan la definición, características, tipos, ejemplos del tema en cuestión, en la segunda aplicación se aprecia cuestiones más contextualizadas en relación al tema propuesto. Es así que llegan a considerar entre sus ideas centrales de luz: la luz y la medicina; la luz y los inventos; ciudades sin luz; y entre sus ideas centrales de sonido: personas que no oyen, la evolución del teléfono, el sonido y la medicina, sonidos en los animales. Al respecto Bennàssar *et al.* (2007) postulan que aún los conceptos del currículo menos asequibles, pueden adaptarse mediante su contextualización social, tecnológica y científica, de acuerdo con los principios de la naturaleza de la ciencia.

El conocimiento pedagógico del contenido de las parejas de la muestra mejora principalmente por la modificación que éstas hacen a los objetivos de su enseñanza, reconociendo que estos no deben centrarse en la adquisición de conceptos si no en la aplicación que pueda darle el niño en las situaciones concretas y cotidianas que vive. Las cuestiones sobre la naturaleza de la ciencia adquiridas explícita y reflexivamente, han servido para dar sentido y coherencia a la enseñanza de las futuras docentes, que queda evidenciado en el cambio de perspectiva de su porqué y para qué enseñan el área en la escuela (Bennàssar *et al.*, 2007).

En concordancia con esta nueva perspectiva de su enseñanza, tras la aplicación de la propuesta didáctica, amplían sus estrategias evaluativas mencionando su intención de incluir entre éstas la evaluación de la experimentación, dando cuenta de la consideración que empiezan a hacer no solo del resultado, sino de los procesos que llevan a cabo los niños en su aprendizaje. No obstante aún les es difícil de explicitar en detalle cómo llevarían a cabo esta evaluación de proceso.

Otra significativa evolución que se deriva de la enseñanza intencionada de las nociones de la naturaleza de la ciencia inmersas en el desarrollo de los contenidos del área que supuso la aplicación de la propuesta didáctica, se hace evidente en el cambio que mostraron las parejas en cuanto a las limitaciones expresadas. Mientras que en un primer momento las limitaciones para enseñar determinado concepto las identificaban en los problemas en el aula como la falta de recursos, mobiliario, espacio, etc., luego son capaces de identificar problemas en el aprendizaje de los estudiantes y del concepto atendiendo las actuales perspectivas que tiene para la comunidad científica, aunque estos últimos en menor medida.

A pesar que tras la aplicación de la propuesta didáctica, las estudiantes que conformaron la muestra tienden a una mayor consideración de las ideas previas que los niños traen al aula, aún no se plantean estrategias específicas para ponerlas de manifiesto en la clase ni logran determinar sus rasgos más generales en función de los conceptos que encierran. Esto podría deberse a su propia preconcepción sobre el estudiante, tratándolo como un ser del aquí y ahora al cual deben formar. Por esto, las ideas previas que los estudiantes traen al aula no constituirían parte de las propias ideas previas de las futuras docentes y por tanto sus esfuerzos cognitivos no estarían orientados a explicarlos

110

En coherencia con los resultados del COCTS, que muestra que las estudiantes de la muestra siguen considerando el método científico como la metodología de la ciencia, el planteamiento de estrategias para el desarrollo de los contenidos ha sido uno de los aspectos menos mejorados, considerando que desde antes de la aplicación de la propuesta didáctica concebían que era necesaria la experimentación en las clases del área. Sin embargo, tras la intervención didáctica, se aprecia una leve intención de darle mayor atención a las hipótesis dadas por los niños, aunque no se les ofrece la posibilidad de confrontarlas creativamente por sí mismos, en cambio se les da los pasos que deben seguir de manera muy guiada, prevaleciendo así sus temores respecto a la experimentación. Es así que aunque la mayoría de parejas pueda plantear la ruta de la indagación en sus clases, ésta se planifica todavía de modo tal que corta creatividad en los estudiantes.

Esta resistencia a abandonar los principios de la experimentación tradicional, puede interpretarse no solo por el gran refuerzo que ha ido recibiendo esta metodología a lo largo de su vida estudiantil, poniéndola en práctica en sus

cursos anteriores de ciencia, escolar y universitaria, sino por la seguridad que ofrece esta forma de experimentación al permitir al profesor *controlarlo todo*, requerimiento y función de las teorías personales.

7. CONCLUSIONES

El supuesto que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia unida a los contenidos de ciencia del currículo favorecía el desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido de un grupo de estudiantes de formación docente, se confirma tras los resultados obtenidos en la aplicación de los instrumentos utilizados en esta investigación que fueron especificados en los apartados anteriores. Estos resultados confirman que una mejora del conocimiento de la naturaleza de la ciencia, provoca también un progreso del conocimiento pedagógico del contenido del grupo muestral.

No obstante la mejora, el valor muy próximo a cero del índice global ponderado de las creencias y actitudes en aspectos relativos a la naturaleza de la ciencia medido a través del COCTS, confirmaría cuán alejadas se encuentran aún las creencias de las estudiantes de la muestra en relación a las opiniones de los expertos, pese a haber recibido una enseñanza explícita y reflexiva, orientada a verificar las inconsistencias de las opiniones erróneas detectadas inicialmente.

Sin embargo, ha quedado demostrado que pese a no haber logrado una comprensión total de los aspectos que encierra la naturaleza de la ciencia, su enseñanza explícita a través de episodios históricos ha dado a las estudiantes que conformaron la muestra, los elementos necesarios para contextualizar los contenidos de clases al trabajo con los niños, favoreciendo con esto el desarrollo de su conocimiento pedagógico del contenido.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.
- Acevedo, J. (2010). Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 653-660.

- Acevedo, J., Vázquez, A. y Manassero, M. (2002a). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. Extraído de la Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, <<http://www.campusoei.org/salactsi/acevedo13.htm>>.
- Acevedo, J., Vázquez, A., Acevedo, P y Manassero, M. (2002b). Sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad. *Tarbiya-Revista de Investigación e Innovación Educativa*, (30), 5-27.
- Acevedo, J., Vázquez, A., Acevedo, P y Manassero, M. (2005a). Evaluación de creencias sobre ciencia, tecnología y sus relaciones mutuas. *Revista CTS*, 2(6), 73-99.
- Acevedo, J., Vázquez, A., Manassero, M. y Acevedo, P. (2005b). Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Educación Química*, 16(3), 372-382.
- Bennassar, A., Vázquez, A., Manassero M. y García-Carmona, A. (2007). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid, España: Centro de Altos Estudios Universitarios.
- Callejas, M. y Vázquez, A. (2009). Actitudes respecto a los temas cts de profesores colombianos en formación y en ejercicio. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 2435-2440.
- Declaración de la Habana (1999, julio). *Calidad de la educación: equidad, desarrollo e integración ante el reto de la globalización*. Trabajo presentado en la IX Conferencia Iberoamericana de Educación, La Habana, Cuba.
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen A. (2011). «Learning Progressions and Teaching Sequences: A Review and Analysis». *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
- Fonseca, J. (2009). Conocimiento pedagógico del contenido en la formación de docentes de matemática. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática* 4(5), 11- 27.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona, España: Horsori.
- Johnson, R. B. y Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26.
- Leymoní, J., Bernadou, O., Dibarboue, M., Santos, E. y Toro, I. (2009). *Aportes para la enseñanza de la ciencia. Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo*. Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370– 391.
- Magnusson S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En: J. Gess-Newsome, y N. Lederman (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht, Holanda Meridional: Kluwer Academic Publisher.

- Manassero, M., Vázquez, A. y Acevedo, J. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado Respecto a los temas CTS: Nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las ciencias*, 22(2), 299–312.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Talanquer, V. (2004). Formación Docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química* 15(1), 52-58.
- Tamayo, O. y Orrego, M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 13-25.
- Tecpan, S y Zavala, G. (2012, mayo). *Actitudes de profesores de ciencias sobre ciencia, tecnología y sociedad*. Trabajo presentado en el VI Congreso de Investigación Innovación y Gestión Educativas, Monterrey, México.
- Tecpan, S. y Zavala, G. (2013, mayo). Concepciones ingenuas de profesores de secundaria sobre temas CTS. Trabajo presentado en el VII Congreso de Investigación Innovación y Gestión Educativas Congreso de Investigación Innovación y Gestión Educativas, Monterrey, México.
- Valenzuela, J. y Flores, M. (2012) *Fundamentos de la investigación educativa*. Ebook: Editorial Digital Tecnológico de Monterrey.
- Vázquez, A., Acevedo, J., Manassero, M. y Acevedo, P. (2006a). Actitudes del alumnado sobre ciencia tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(2). 1-37. Recuperado de: <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-vazquez2.html>
- Vázquez, A., Acevedo, J., Manassero, M. (2006b). Aplicación del cuestionario de opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS del profesorado. *Tarbiya - Revista de Investigación e Innovación Educativa* (37), 31-66.
- Vázquez, A., Manassero, M. y Acevedo, J. (2006c). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- Vázquez, A., Acevedo, J. y Manassero, M. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica. Extraído de: <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A. y Manassero, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2-31.
- Vilches, A. y Furió, C. (1999, diciembre). *La Enseñanza de las Ciencias a las puertas del siglo XXI*. Trabajo presentado en el I Congreso Internacional de Didácticas de las Ciencias y VI Taller Internacional sobre la enseñanza de la física, La Habana, Cuba.

