

LOS CIENTÍFICOS Y SU TRABAJO EN EL PENSAMIENTO DE LOS MAESTROS DE PRIMARIA

Una aproximación pedagógicamente situada

MARÍA TERESA GUERRA RAMOS

Resumen:

Este estudio exploró las ideas de 18 maestros de primaria sobre los científicos y la relevancia, retos y posibilidades de enseñar acerca de ellos. Se aplicó un cuestionario y las respuestas se incorporaron y exploraron con mayor detalle en una entrevista individual semi-estructurada. Los hallazgos principales sugieren que las ideas de los docentes sobre los científicos y su trabajo son muy diversas e incluyen visiones estereotipadas pero no se limitan a ellas; forman parte de una compleja red de nociones conectadas con formas de concebir el aprender y enseñar ciencia en la escuela. El análisis también sugirió que las opiniones pedagógicas de los maestros estaban orientadas a interesar y motivar a sus alumnos a aprender ciencias, y reflejaron cierto reconocimiento de sus retos para enseñar al respecto. Los resultados se discuten en términos de las implicaciones para la formación docente y el desarrollo curricular.

Abstract:

This study explored eighteen elementary teachers' ideas on scientists and the relevance, challenges and possibilities of teaching about scientists. The teachers completed a questionnaire, and their responses were incorporated and studied in greater detail in a semi-structured individual interview. The principal findings suggest that the teachers' ideas on scientists and their work are very diverse and include, but are not limited to, stereotyped viewpoints; such ideas form part of a complex network of notions connected to ways of conceiving the teaching and learning of science at school. The analysis also suggests that the teachers' pedagogical opinions are oriented to generating interest and motivating their students to learn science, while reflecting certain recognition of their teaching goals. The results are discussed in terms of the implications for teacher training and curricular development.

Palabras clave: profesores, percepciones, científicos, educación básica, investigación cualitativa, México.

Key words: teachers, perceptions, scientists, basic education, qualitative research, Mexico.

María Teresa Guerra es profesora-investigadora del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Unidad Monterrey. Cerro de las Mitras 2565, col. Obisado, Monterrey, Nuevo León, CP 64060, CE: tguerra@cinvestav.mx

He aquí lo que me llena de perplejidad y no acierto a comprender suficientemente: ¿Qué puede ser la ciencia? ¿Encontraríamos una respuesta a esta pregunta? ¿Qué contestáis vosotros? ¿Quién de entre nosotros será el primero en hablar?
Platón (Teeteto, o de la ciencia)

Introducción

De manera implícita o explícita, quien enseña cualquier disciplina científica transmite, inevitablemente, mensajes sobre el mundo científico, sus actores, valores, prácticas e instituciones. Éstos se basan en las percepciones que los docentes desarrollan a partir de las imágenes culturalmente compartidas acerca de la ciencia y los científicos y de sus propias experiencias educativas y profesionales. Estas representaciones son relevantes porque los profesores tienen la importante tarea de introducir a las generaciones jóvenes a la ciencia como una de las mayores áreas de actividad intelectual y profesional.

En la literatura sobre enseñanza de la ciencia, los temas relacionados con la forma de conocerla, la validez de sus procedimientos, la forma en que operan los científicos como grupo social y cómo la sociedad misma influye y reacciona a las labores científicas son frecuentemente referidos como la “naturaleza de la ciencia”. Estos asuntos han sido tradicionalmente abordados por los historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia. Dada la diversidad de perspectivas en estas disciplinas, no parece haber una posición única que goce del apoyo unánime de los especialistas y por tanto la ciencia, difícilmente, podría ser caracterizada en una forma unitaria e integrada (Donnelly, 2001).

La intención de promover una comprensión sobre algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia en la escuela, aunque con una variedad de interpretaciones y articulada en diferentes términos, ha estado presente entre los interesados en la educación en este campo desde el siglo XIX (McComas, Clough y Almazroa, 1998). Hoy en día, el renovado interés mundial en que los maestros enseñen y los alumnos aprendan no sólo conocimientos científicos sino también aquéllos sobre la ciencia misma se manifiesta en las numerosas investigaciones acerca de las concepciones de docentes y estudiantes al respecto (por ejemplo, Lederman, 1992; Driver *et al.*, 1996) así como en la diversas iniciativas de incorporar aspectos de su naturaleza en documentos sobre estrategias y currículo en educación científica (Matthews, 1994).

En México, a pesar de que el currículo oficial de ciencias para la educación básica no incluye una línea temática sobre su naturaleza, los maestros son convocados— a través de los documentos y materiales educativos oficiales— a enseñar, además de conocimientos científicos, algunos mensajes sobre el mundo de la ciencia y sus principales actores, los científicos, a un nivel adecuado para alumnos de primaria. Esto implica, entonces, enseñar y hablar en el aula sobre la ciencia, sus métodos, procesos, valores y cómo los científicos trabajan y comunican su trabajo. La intención explícita de tomar en cuenta estos aspectos en primaria puede considerarse una innovación que se incorporó en los documentos de la más reciente reforma educativa. De tal forma, se pretende proveer a los alumnos de una oportunidad para introducirse en el mundo de la ciencia como una actividad humana e interesante que hace posible conocer y comprender la naturaleza y que tiene un papel de gran relevancia en la sociedad moderna (SEP, 1993). Sin embargo, hasta ahora poco sabemos sobre cómo conciben y perciben los maestros el mundo de la ciencia. Avanzar en esta línea es de particular importancia dado su papel como agentes encargados de introducir la cultura y las prácticas de la ciencia a las generaciones de niños que atienden las aulas.

En este estudio, el término “ideas acerca de la ciencia” —introducido por Osborne *et al.* (2003)— es usado para denotar el conjunto de ideas relacionadas con los aspectos de la naturaleza de la ciencia que maestros, estudiantes y otros grupos tienen y desarrollan a partir de su exposición a imágenes de la ciencia y los científicos en sus contextos culturales y de los mensajes, tanto implícitos como explícitos, en la educación formal (Driver *et al.*, 1996). Qué tan simplificadas o diversas sean estas ideas puede constituir una barrera o una ventaja cuando los maestros intentan comunicar mensajes al respecto. Este estudio se propuso dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación: *a)* ¿Qué rango de ideas o representaciones han desarrollado los maestros acerca de los científicos y su trabajo?, y *b)* ¿cuáles son, en su opinión, los principales asuntos pedagógicos conectados con enseñar sobre los científicos?

Antecedentes y marco teórico

La investigación orientada a evaluar la comprensión de los maestros sobre la naturaleza de la ciencia ha generado un número significativo de pruebas y tests con formatos diversos, sistemas de calificación, aspectos considerados

y algunos esfuerzos por validarlos (Kimball, 1968; Kouladis y Ogborn, 1989; Haidar, 1999). Sin embargo, muy pocos instrumentos de evaluación han sido elaborados específicamente para los de educación primaria (p.e., Pomeroy, 1993; Murcia y Schibeci, 1999; Cobern y Loving, 2002) y rara vez se han tenido en cuenta las demandas relacionadas del currículum impuestas sobre la práctica de los docentes en servicio y la especificidad contextual de este nivel educativo (p.e., Porlán y Martín del Pozo, 2004; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004).

La tendencia más común de comparar las respuestas de los maestros con categorías normativas que reflejan perspectivas filosóficas (inductivista, relativista, etcétera) ha impedido la posibilidad de descripciones más ricas o de explorar aspectos con relevancia pedagógica. No es sorprendente que los hallazgos de la investigación en esta área hayan subrayado una “perspectiva del déficit”, como sugiere Poulson (2001) en otras áreas de conocimiento, culpando a los maestros de saber muy poco o nada sobre la naturaleza de la ciencia y deduciendo que una mejor comprensión de ella llevaría necesariamente a una mejor enseñanza.

Sin embargo, las ideas de los docentes sobre la ciencia son más complejas que simplemente estar de acuerdo o en desacuerdo con frases generales y descontextualizadas como “el conocimiento científico es tentativo” o “no hay un método científico único que dicte paso a paso una investigación” o seleccionar enunciados similares en una pregunta de opción múltiple. Una relación directa y no problemática entre el conocimiento y la acción pedagógica no es apoyada por las perspectivas situadas del conocimiento humano. Por ejemplo, los estudios sobre enseñar y aprender la naturaleza de la ciencia (p.e., Driver *et al.*, 1996; Ryder, Leach y Driver, 1999) han sugerido que los individuos pueden desarrollar un “repertorio de ideas” sobre el tema y aplicar distintas ideas en diferentes contextos, en vez de tener una visión única que aplicar de manera sistemática en todas las situaciones.

El uso mayoritario de instrumentos de lápiz y papel con enfoque cuantitativo, preguntas descontextualizadas y formatos de respuesta cerrada para evaluar las ideas de los maestros puede ser criticado por la falta de reconocimiento sobre las dificultades para delimitar, cualificar y cuantificar su conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia. También puede ser criticado debido a que no considera ni explica la relevancia de los conocimientos explicitados con ese tipo de instrumentos para la práctica pedagógica. Así, saber que un maestro obtiene un puntaje X en una prueba sobre la natura-

leza de la ciencia indica poco o nada acerca de los mensajes e ideas que comunica o podría compartir en el aula. Otros estudios han aportado evidencias de que los profesores, si bien encuentran dificultades, son muy capaces de enseñar ideas sobre la ciencia (Donnelly, 1994; Bell, Lederman y Abd-El Khalick, 2000; Leach, Hind y Ryder, 2003). Se ha sugerido que parte de los obstáculos están asociados con las propias ideas al respecto. Brickhouse (1990) y Lakin y Wellington (1994), por ejemplo, encontraron que, con frecuencia, los maestros se adhieren a ideas simplificadas acerca de distintos aspectos sobre la ciencia, pero que forman parte de una compleja red de conocimientos interconectados con formas de concebir lo que implica enseñarla y aprenderla.

Evidentemente, la comprensión de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia como un tema de investigación ha sido ampliamente explorado. Sin embargo, aún es posible avanzar en claridad conceptual y en el diseño de instrumentos cualitativos contextualizados en situaciones familiares o más cercanas a los maestros y sus prácticas. Teniendo en cuenta las limitaciones de los instrumentos de corte cuantitativo, descontextualizados y de opciones de respuesta cerrada, este estudio se planteó el propósito de diseñar uno cualitativo para explorar las ideas de los maestros acerca de los científicos y su trabajo en un contexto con relevancia pedagógica.

La perspectiva teórico-conceptual que se adoptó en este proyecto se basa en la teoría sociocultural y de la cognición situada, que reconocen que los procesos cognitivos y de interpretación de la realidad por los seres humanos no son independientes del contexto social en que se aplican (Brown, Collins y Duguid, 1989; Wertsch, 1991; Stenberg y Wagner, 1994). Esta perspectiva surgió a fines de los años ochenta en contraposición con el paradigma dominante entonces sobre el aprendizaje humano que consideraba que los procesos cognitivos ocurren esencialmente en solitario, aislados de la percepción y la acción y que el contexto social es de importancia secundaria, si acaso es relevante. La perspectiva sociocultural y de cognición situada floreció inicialmente en el estudio del conocimiento matemático aplicado en la vida cotidiana (p.e., Lave, 1988) y en la investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de vocabulario y habilidades de lectura (p. e., Miller y Guildea, 1987). Esta perspectiva, donde el contexto se vuelve crucial en el desarrollo y aplicación del conocimiento, ha tomado un largo tiempo en arribar a la investigación sobre el pensamiento de los maestros (Putman y Borko, 2000).

Diseño y metodología

Este estudio es parte de un proyecto mayor, donde se exploraron las ideas de los maestros sobre los científicos, métodos de investigación y la medición. En este artículo, sólo se abordan las que se refieren a los científicos y su trabajo. Participaron 18 profesores de primaria en servicio (8 hombres y 10 mujeres) que impartían clases en quinto y sexto grados en escuelas públicas ubicadas en Santiago de Querétaro, en el estado de Querétaro (México).

Aunque las actitudes hacia la ciencia, las habilidades pedagógicas y los factores contextuales también pueden influir en la forma en que los maestros comunican sus ideas sobre la ciencia (Schwartz y Lederman, 2002), el foco de atención en este estudio estuvo en sus percepciones sobre aspectos específicos (tabla 1), como una manera de acercarnos al repertorio base de sus ideas en ésta área. Los antecedentes de la aproximación metodológica empleada pueden ser identificados en los estudios que evalúan el pensamiento de los alumnos (Driver *et al.*, 1996; Ryder, Leach y Driver, 1999; Leach, Hind y Ryder, 2003) y el de los maestros (Nott y Wellington, 1996) acerca de la naturaleza de la ciencia.

TABLA 1

Aspectos explorados en el estudio

Ideas acerca de los científicos y su trabajo

- Propósitos y funciones del trabajo de los científicos
- Áreas de trabajo/interés
- Aspectos sociales de su trabajo
- Características atribuidas

Opiniones sobre enseñar acerca de los científicos

- Enseñar acerca de los científicos y/o conocimiento científico
- Enseñar acerca los científicos a alumnos de primaria y/o secundaria
- Argumentos en favor de que los alumnos aprendan sobre los científicos
- Posibles metas

Se elaboraron un cuestionario y una guía de entrevista semiestructurada, que se desarrollaron y refinaron en un proceso que comprendió revisiones de otros investigadores no involucrados en el estudio y pruebas de las preguntas con maestros. El cuestionario incluyó la descripción de un escenario hipotético con relevancia pedagógica y seis preguntas iniciales (ver

apéndice). La situación hipotética consistió en una breve descripción de un intercambio verbal entre un grupo de maestros que están por preparar una serie de carteles para hablar de algunos científicos a alumnos de educación primaria. En tal descripción, los personajes involucrados en la discusión plantean las siguientes alternativas:

- Ejemplos históricos/ejemplo de científicos contemporáneos
- Hombres científicos/mujeres científicas
- Los científicos como personas talentosas/como cualquier persona
- Trabajando en laboratorio/trabajando en diversos contextos
- Presentar científicos/presentar conceptos y teorías
- Presentar científicos en primaria/presentar científicos en secundaria

En las preguntas iniciales se les pidió a los maestros indicar qué propuestas apoyarían y argumentar en cada caso. El propósito del cuestionario fue proveer un contexto que los estimulara a expresar sus ideas y una primera oportunidad para considerar las preguntas; durante la entrevista, éstas fueron retomadas nuevamente a la luz de las respuestas escritas de los docentes y fueron incorporadas algunas otras (tabla 2). Asimismo, en las entrevistas se invitó a los profesores a ampliar sus respuestas escritas y a aclarar algunos puntos. En el contexto de aportar argumentos sobre cómo los científicos podrían ser presentados en los carteles, se esperaba que los maestros mencionaran, de forma natural, ejemplos de científicos y lo que sabían sobre ellos en términos de la relevancia y propósitos de su trabajo, áreas de interés, espacios físicos en los que llevan a cabo sus labores y cualquier otra característica asociada con ellos (rasgos personales o asociados con su trabajo).

El procedimiento para obtener la muestra incluyó una selección aleatoria de escuelas, a partir de una lista proporcionada por las autoridades educativas locales, y una invitación –para participar voluntariamente– a los maestros de esas escuelas. El cuestionario también fue asignado, aleatoriamente, a los profesores que aceptaron participar como uno de tres posibles cuestionarios. Una vez que todos los participantes lo recibieron, la entrevista se programó de 5 a 11 días posteriores a la entrega, dependiendo de sus actividades. Los cuestionarios se recolectaron antes de la entrevista con el fin de revisar las respuestas escritas. Las entrevistas se condujeron en la sala de juntas o en la biblioteca de la escuela. Cuando estos lugares eran inexistentes o no estaban disponibles, se utilizó el salón de clase mientras el grupo

realizaba otra actividad. Su duración fluctuó entre 20 y 38 minutos, fueron audiograbadas y, posteriormente, transcritas.

TABLA 2

Guía para la entrevista individual semiestructurada

Preg. de investig.	Preguntas para los maestros	Aspectos explorados
B	Q1 ¿Qué le pareció esta discusión acerca de presentar científicos a los alumnos de educación primaria?	Opiniones sobre enseñar acerca de los científicos
B	Q2 Después de escuchar estas propuestas y opiniones ¿qué le gustaría comentar si fuera invitado a participar en la discusión?	
A	Q3 En su opinión, ¿tienen los científicos algunos rasgos característicos?	Rasgos atribuidos a los científicos
B	Q4 En su opinión, ¿vale la pena enseñar a los alumnos acerca de los científicos, cómo son y cómo trabajan?, ¿por qué?	Argumentos en favor o en contra de que los alumnos aprendan sobre los científicos
A	Q5.1 ¿Por qué apoyaría la propuesta de presentar ejemplos históricos de científicos y/o científicos contemporáneos? ¿Qué ejemplos usaría?	<ul style="list-style-type: none"> • Propósitos y funciones del trabajo de los científicos • Áreas de trabajo/interés • Aspectos sociales de su trabajo • Naturaleza de las habilidades y capacidades de los científicos • Otras rasgos atribuidos (También se pidieron ejemplos concretos de científicos que pudieran ser presentados)
A	Q5.2 ¿Por qué apoyaría la propuesta de presentar científicos y/o científicas?	
A	Q5.3 ¿Por qué apoyaría la propuesta de presentar a los científicos como personas talentosas o como cualquier persona?	
A	Q5.4 ¿Por qué apoyaría la propuesta de presentar a los científicos como personas que trabajan en laboratorios y/o en una variedad de contextos?	
B	Q5.5 ¿Por qué apoyaría la propuesta de presentar científicos y/o conceptos o teorías?	
B	Q5.6 ¿Por qué apoyaría la propuesta de presentar científicos a alumnos de primaria y/o secundaria?	Opiniones acerca de la relevancia de enseñar sobre los científicos a alumnos de primaria y/o secundaria
B	Q6 En general, ¿qué podría usted lograr al presentar/introducir científicos a sus alumnos de primaria?	Posibles metas al enseñar acerca de los científicos
A	Q7 ¿Ha conocido a algún científico(a)?, ¿cómo era?	Rasgos atribuidos a los científicos
B	Q8 Si tuviera una serie de carteles sobre los científicos, ¿qué haría con ellos?, ¿alguna idea de cómo los usaría?	Ideas sobre el uso de materiales para enseñar acerca de los científicos

* Las preguntas Q5.1 a Q5.6 fueron incluidas inicialmente en el cuestionario.

Esas transcripciones –y no los cuestionarios– fueron la principal fuente de datos ya que las respuestas escritas se incorporaron y fueron extendidas durante la propia entrevista. A fin de describir el rango de respuestas, las transcripciones se analizaron con una aproximación ideográfica-descriptiva, es decir, obteniendo una serie inicial de categorías de análisis derivadas de las mismas transcripciones. Para ello, las respuestas de distintos maestros y sus justificaciones fueron comparadas para identificar diferencias y similitudes de contenido. Debido a que los maestros aportaron respuestas relevantes a preguntas particulares en diferentes puntos durante la entrevista, un análisis que tomara en cuenta todas resultó más pertinente que uno realizado pregunta por pregunta. Se intentó darle sentido a las respuestas desde los propios puntos de vista de los profesores más que juzgar su correspondencia con una norma pre-especificada o respuestas correctas definidas *a priori*.

Las unidades de análisis fueron oraciones o grupos de oraciones en las transcripciones que fueron codificados y recodificados reiterativamente usando Nvivo V. 1.0, un *software* para análisis cualitativo. En ciertos casos fue asignada más de una categoría de análisis a la misma respuesta dada por un maestro y algunos de ellos aportaron más de una correspondiente a la misma categoría.

Las categorías iniciales fueron formuladas por un primer codificador en un proceso reiterativo basado en un análisis línea por línea. Un segundo fue involucrado en un proceso de “codificación ciega” (*blind coding*) para establecer la validez y comunicabilidad del esquema de codificación. Este segundo codificador tuvo acceso a las descripciones de los códigos de análisis y a tres entrevistas transcritas pero no sabía qué códigos había aplicado en cada caso el primero. Se obtuvo un índice de consistencia entre codificadores de 0.83 al dividir el número de acuerdos entre el de acuerdos más desacuerdos de codificación como lo sugieren Miles y Huberman (1994). Este indicador señaló que ambos codificadores, trabajando independientemente, aplicaron *grosso modo* las mismas categorías a los mismos segmentos de las transcripciones y atribuyeron significados similares a las respuestas de los maestros. Posteriormente, los desacuerdos de codificación se aprovecharon para mejorar las definiciones ambiguas de algunas categorías de análisis, algunas se afinaron y otras dieron origen a nuevas. Este proceso permitió que el esquema de codificación final tuviera mayor consistencia interna.

Resultados

Este artículo intenta, más que reportar exhaustivamente los resultados del estudio, ilustrar cómo puede caracterizarse cualitativamente el rango de respuestas de los maestros al explorar sus ideas en escenarios con relevancia pedagógica y adoptar una perspectiva situada sobre las concepciones de los maestros acerca de los científicos y su trabajo.

Las respuestas variaron en extensión, elaboración y claridad. Para ilustrarlas, los profesores emplearon un número limitado de temas, principalmente sobre salud y ambiente (por ejemplo, sida, contaminación o desarrollo de vacunas). También fue notorio que en los ejemplos de científicos que aportaron, con frecuencia se refirieron a ellos como inventores o desarrolladores de artefactos útiles. Tres profesores en la muestra encontraron particularmente difícil estructurar y clarificar sus ideas más que el resto.

Se buscaba obtener una descripción detallada acerca de las respuestas de los maestros donde se identificaran semejanzas y diferencias entre las mismas en cuanto a su contenido. Para tal fin, fue necesario partir de la comparación de las aportadas por un maestro con las de otro. Al ir incorporando en el análisis más transcripciones, las similitudes y diferencias fueron notorias y facilitaron el refinamiento de las categorías. Los resultados de éste análisis descriptivo se presentan en las tablas 3 y 4. Ahí se incluyen las categorías que surgieron de las transcripciones así como su frecuencia, sólo para dar una idea de su prevalencia. “Número de maestros” (NM) se refiere a cuántos de ellos aportaron al menos una respuesta que fue codificadas en la categoría correspondiente y “Decisiones de codificación” (DC) se refiere al número de respuestas codificadas en la categoría por los codificadores. Esta distinción se consideró importante porque algunos profesores aportaron más de una respuesta que durante el análisis se consideró “codificable”. Asimismo se ofrecen ejemplos ilustrativos de respuestas para una selección de las categorías.

Pocos maestros aportaron respuestas para más de dos categorías distintas en los aspectos explorados. El énfasis y reiteración en las que se referían a los científicos como inventores o gente involucrada en el mejoramiento de máquinas y artefactos apunta hacia una visión instrumental, donde la ciencia no se diferencia de sus aplicaciones tecnológicas y es percibida como un medio para resolver problemas prácticos (Ziman, 1995).

TABLA 3

Análisis descriptivo: ideas de los maestros acerca de los científicos y su trabajo

Categoría de codificación	NM	DC	Ejemplos
FUNCIÓN/PROPÓSITO			
• Retomar y enriquecer conocimientos anteriores	7	8	Retomar y enriquecer conocimientos anteriores Los científicos son percibidos como personas involucradas en extender, probar y mejorar el trabajo o los conocimientos elaborados con anterioridad. [...]
• Iniciar nuevas áreas de estudio	2	2	Porque creo que un científico desde luego tiene que basarse en las teorías pasadas para ir reafirmando, o bien, si va encontrando nuevas evidencias, nuevas cosas, como casi siempre, pues las agrega... Pero no creo que se desligue de lo pasado [...]
• Beneficiar a las personas/la sociedad	8	13	[Q5.1-6A-9]
• Desarrollar artefactos útiles	6	13	
• Resolver problemas	4	6	
ÁREAS DE TRABAJO/INTERÉS			
• Seres vivos/ ambiente natural	7	8	Máquinas y artefactos/Aspectos relacionados con la salud Los científicos son vistos como inventores u optimizadores de diferentes máquinas y artefactos./En otros casos se sugirió que algunos científicos trabajan en temas relacionados con la salud en general.
• Aspectos relacionados con la salud	6	6	[...] Un científico es aquel que trata de mejorar la genética de las semillas o del ser humano, inventar aparatos o mejorarlos, mejorar la funcionalidad de los que ya existen, encontrar vacunas, tratamientos para enfermedades incurables, mejorar medicamentos, mejorar aparatos electrónicos, domésticos y de comunicación, aprovechar las cosas que ya están hechas para mejorarlas, para su mejor desempeño [...]
• Máquinas y artefactos	5	7	[Q5.4-10A-8]
• Entidades y fenómenos físicos	4	4	
• Seres humanos	2	2	
• Otros estudios	3	5	
RASGOS ATRIBUIDOS A LOS CIENTÍFICOS			
Capacidades y habilidades			Capacidades y habilidades innatas
• Innatas	4	5	Desde esta perspectiva, algunas personas pueden llegar a ser científicos y otros no. Se sugiere que las personas que llegan a ser científicos nacen con algunas capacidades especiales. Algunos maestros encontraron difícil definir la naturaleza de tales capacidades. Otros sugirieron que se trata de un talento intelectual.
• Desarrolladas en contexto apropiado	6	8	[...] Creo que todas esas cualidades que reúne el ser humano, si tiene esas cualidades y ese apoyo, puede llegar a un gran científico como cualquier persona. Claro, si nació con la capacidad, porque muchos aunque quisiéramos si no hay capacidad no es posible y usted lo sabe. Y la capacidad, la inteligencia se va cultivando poco a poco [Q5.3-10A-6]
Características personales			Diligente
• Curioso/observador	8	10	Se percibe a los científicos como personas trabajadoras, constantes, cuidadosas, que dedican esfuerzo y tiempo en lograr un propósito de trabajo.
• Diligente	9	13	[...] No me acuerdo por ahí había uno que, no recuerdo, el que hizo la lámpara eléctrica... Se equivocó como cuatrocientas veces, o no sé cuántas, por ahí. Pero él seguía. O sea que son gente que a pesar de que viene un fracaso sobre lo que están trabajando, aun así no se desmoralizan. Siguen ahí. Son gente que tiene esa insistencia, esa ambición por lograr sus objetivos [Q3-17A-31]
• Conocedor	2	4	
• Enfocado en su trabajo	3	5	
Rasgos relacionados con el trabajo			Descubrimiento por casualidad
• Trabajo de laboratorio	6	6	Se afirma que los científicos a veces descubren algo de manera inesperada o no planeada.
• Trabajo de campo	3	4	[...] Caso muy concreto de este señor que descubrió la penicilina: Fleming. Él descubrió la penicilina a raíz de la fruta que se echó a perder, de los
• Observación	3	3	
• Experimentación	2	2	

(CONTINÚA)

TABLA 3. CONTINUACIÓN

Categoría de codificación	NM	DC	Ejemplos
• Descubrimiento por casualidad	2	4	mohos que se formaron y que a través de que... una herida que traía, toca esa fruta echada a perder y se da cuenta que se le cura, ¿sí? Él descubre la penicilina, pero otros la llevaron a potencializarla, o sea, ya a nivel mundial para fabricarla. Con esto le estoy diciendo que no todos los que son grandes científicos son aquellos que persiguen algo porque digan "Yo voy a ver esto". Sino que por curiosidad o por equis causa surge el detalle, pero como ellos son personas dedicadas a eso, pues le ponen el interés adecuado y sobre eso [Q3-8A-5]
• Comunicación de su trabajo	2	4	
ASPECTOS SOCIALES			
• Asuntos de equidad	6	8	Asuntos de equidad
• Trabajo colectivo	4	4	Se sugiere que las oportunidades para los hombres y las mujeres en el mundo de las ciencias no siempre han sido equitativas.
• Pertenencia a instituciones	4	5	[...] Lo digo porque en las diferentes épocas históricas pues siempre el que tenía acceso a estudiar lo mas que se pudiera pues era el hombre. Por eso es que encontramos por ahí a quienes hicieron mucha teoría sobre las ciencias naturales y otras ciencias. Pero fue precisamente porque él tuvo las posibilidades de poder desarrollarse y la mujer desarrollaba sus actividades en otro contexto. Pero en estos tiempos encontramos que más seguido la mujer tiene un campo de acción muy amplio y esta en igualdad de circunstancias que el hombre. Y entonces es tiempo de que las mujeres científicas nos den a conocer todo lo que pueden lograr, que es inmenso (Q5.2-18A-15)

TABLA 4

*Análisis descriptivo:**Opiniones de los maestros acerca de enseñar sobre los científicos*

Categoría de codificación	NM	DC	Ejemplos
PERCEPCIONES SOBRE LA INTENCION DE INTRODUCIR CIENTÍFICOS EN EL CURRÍCULUM O MATERIAL EDUCATIVO			
• Opiniones sobre la ausencia del tema	6	7	Opiniones sobre la ausencia del tema
• Opiniones sobre la presencia del tema	2	2	Se expresa algún reconocimiento de la ausencia de la enseñanza acerca de los científicos en el currículo o materiales asociados. No, necesitamos empaparnos más, generalmente no se ven más que históricamente así, pero estudiar a los científicos, con todas sus características, no se ven, ni el programa lo tiene contemplado [Q7-3A-22]
ARGUMENTOS EN FAVOR DE ENSEÑAR SOBRE LOS CIENTÍFICOS Y POSIBLES METAS			
• Científicos como modelos para los alumnos	9	13	Científicos como modelos para los estudiantes
• Generar y mantener el interés de los alumnos	8	11	Los científicos parecen modelar algunas conductas, habilidades o actitudes que los maestros quisieran que los alumnos desarrollaran.
• Intereses vocacionales en áreas científicas	3	4	Les sirve para ampliar su cultura, informarse y saber que no son hombres extraordinarios, sino hombres dedicados, hombres, muy observadores, que tienen características, pues a lo mejor, innatas, pero no imposibles, de estimular, ¿verdad? [...] A ellos les puede servir de ejemplo un científico.// Desde luego porque, pues, puede servir de ejemplo. Si él lo hizo, cómo le hizo, qué es lo que hizo, ah, pues yo también puedo, no es algo que no pueda, ¿verdad? [Q1-3A-1/7]

TABLA 4. CONTINUACIÓN

Categoría de codificación	NM	DC	Ejemplos
OPINIONES ACERCA DE CÓMO ENSEÑAR SOBRE LOS CIENTÍFICOS			
• Presentar científicos para motivar a alumnos	4	4	Presentar científicos en conexión con los conocimientos científicos Se argumenta la posibilidad de enseñar sobre los conceptos y teorías en
• Presentar científicos en conexión con los conocimientos científicos	2	2	conexión con los científicos que los generan. Sí. Que se presenten conceptos y teorías. No me refiero a poner así en los carteles, motivo de discusión de estas personas, no me refiero a poner ahí un texto que sea muy aburrido al leerlo. Quizá me refiera a poner ahí un esquema, pero ese esquema presentarlo con algo innovador que se haya descubierto recientemente, o que se haya descubierto en el pasado, con algo innovador. Y presentarlo con una fotografía, de que eso que se descubrió, sirvió para esto, ¿verdad? Y entonces, finalmente ya llega uno al concepto de que quien lo hizo, fue fulano o fue zutana, y fue en tal época o en tal lugar, ¿verdad? [Q5.5-18A-29]
OPINIONES ACERCA DE CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS EN GENERAL			
• Inicio temprano	6	6	Inicio temprano
• Trabajo práctico	4	5	Se argumenta que los alumnos pueden aprender acerca de los científicos, o
• Contenido relevante	2	2	ciencia en general, desde edad temprana. Yo considero que no hay sólo una etapa en la que a un alumno se le debe de presentar lo científico, o sea, la ciencia como ciencia se debe presentar en el nivel inicial porque da lo mismo que un niño de preescolar se pregunte si es diferente si se lava las manos sólo con agua o con agua y jabón, cómo pues se eliminan más microbios, a que se lo pregunte un niño mayor. O sea, yo creo que no hay una edad determinante, que a un niño se le debe iniciar desde un principio en cuestionar los porqués, y que él empiece a buscar sus respuestas [Q5.6-5A-21]
RETOS PARA ENSEÑAR CIENCIAS Y ACERCA DE LOS CIENTÍFICOS			
• Falta de confianza	7	13	Falta de confianza
• Falta de recursos didácticos	6	8	Se reconoce una falta de confianza en la formación científica para enseñar acerca de los científicos o ciencias en general.
• Tiempo limitado	3	3	[...] En el trabajo diario, los maestros no contamos con elementos que deberíamos tener, ni metodológicos, ni conceptuales, ni didácticos. No hay materiales, no hay una formación científica de nosotros los maestros, y eso, nos desconecta bastante de lo que son los propósitos fundamentales de los planes y programas, porque estamos hablando de algo que nos parece como sin sentido, algo que no está al alcance mío y al alcance de los niños [...] [Q0-5A-1]

La atribución de características personales positivas y propósitos benévolos a los científicos reveló una percepción condescendiente de ellos, estrechamente ligada con las opiniones sobre enseñar sobre ellos, ya que la mayoría de los maestros sugiere que los científicos modelan conductas y actitudes que les gustaría que sus alumnos desarrollaran: dedicación, perseverancia, curiosidad y motivación para aprender. Las características relacionadas con el trabajo de los científicos fueron escasas pero sobresalió

la percepción de las actividades en el laboratorio. En los aspectos sociales, los profesores sugirieron en varias ocasiones la inequidad de género en los ámbitos profesionales, incluido el de los científicos. Menos común fue la mención de tareas colectivas y la pertenencia a instituciones.

Un aspecto sobresaliente en las opiniones de los maestros fue la negación frecuente de que el tema que nos ocupa esté presente en los materiales educativos y el reconocimiento extendido de poseer una formación científica que impone serias limitaciones para enseñar ciencias naturales. En cuanto a retos para enseñar, los profesores indicaron algunos similares a los obstáculos relacionados con el contexto en el que tiene lugar la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (Hind, 2002; Bell, Lederman, Abd-El Khalick, 2000). Sus opiniones parecen estar acomodadas para motivar a los alumnos a aprender ciencias como lo sugieren la mayoría de las categorías en la tabla 4. Interesarlos parece ser un elemento central en el discurso de los docentes más que enseñar sobre los científicos para mostrar la naturaleza de su trabajo. Con base en las respuestas aportadas, puede especularse que los maestros participantes en este estudio tenderían más a presentar a los científicos como personas que modelan atributos positivos más que integrantes de comunidades de práctica o actores en una empresa intelectual o cognitiva.

Varias de las preguntas que intentaban explorar imágenes acerca de los científicos fueron respondidas en términos pedagógicos, es decir, aludiendo a los conocimientos, habilidades y actitudes que se promueven en la ciencia escolar más que a los rasgos que caracterizan a los científicos como profesionistas. Frecuentemente los maestros se refirieron a sus alumnos como “pequeños científicos”. Esto sugiere una apropiación del discurso retórico pedagógico presente en la literatura y materiales de educación en ciencias dirigidos a maestros, pero también que los profesores se aproximan al mundo de la ciencia a través de su práctica pedagógica y difícilmente hacen una distinción entre la ciencia escolar y la ciencia en otros contextos.

Algunas ideas de los maestros sobre la ciencia pueden ser caracterizadas como un repertorio de concepciones funcionales y adaptables a las demandas de la práctica docente que sirven de base para ayudar a los alumnos a hacer sentido del conocimiento científico, su validación y las prácticas que lo generan. La forma en que el mundo de la ciencia se recrea en el discurso de los docentes está enmarcada en las funciones que perciben en su rol, como motivar a los alumnos y mantener el interés por aprender. Sin embargo, también poseen nociones que representan simplificaciones

acerca del conocimiento científico, los científicos y sus prácticas, como lo indicaron las frecuentes alusiones a la imagen estereotipada del investigador de bata blanca trabajando en su laboratorio.

Una visión más amplia de las ideas de los maestros sobre la naturaleza de la ciencia y de cómo aspectos de ella han permeado documentos oficiales y materiales educativos se presenta en otro trabajo (Guerra, 2005). Los hallazgos descritos hasta aquí constituyen solamente un punto de partida para posteriores análisis. A partir de los datos obtenidos no es posible asegurar que las ideas y opiniones de los maestros expresadas en el contexto de un escenario pedagógico hipotético tengan una clara correspondencia con su razonamiento en una situación real de clase; sin embargo, nos dan una primera aproximación a su pensamiento en este tema. Aunque los resultados obtenidos no pueden generalizarse, llaman la atención las coincidencias con otros estudios (p. e., Petrovka y Boyadjieva, 1994; Rampal, 1992), donde se percibe a los científicos como personajes “poco familiares, pero extraordinarios”.

Puede parecer obvio que cuando los maestros comunican mensajes acerca de cualquier contenido en el salón de clases, de manera implícita o explícita, están desplegando su propia comprensión sobre el tema mientras actúan en una situación social compleja. Ellos necesariamente restringen, extienden, acomodan y reorganizan sus ideas para cumplir con su rol. Pero la investigación sobre las ideas de los docentes sobre la ciencia (o de su naturaleza, como frecuentemente se refiere) no ha respondido suficientemente a los contextos sociales y de enseñanza en que se despliegan tales ideas. Por otra parte, los maestros de primaria rara vez tienen oportunidad de una experiencia directa e intensa sobre el mundo de la ciencia y mucho de lo que saben y perciben acerca de él se desarrolla a partir de sus propias experiencias educativas, culturales y de enseñanza.

Implicaciones

El análisis realizado sugiere que los maestros, como actores en la actividad educativa en ciencias, tienen su propia interpretación de los aspectos explorados en relación con los científicos y su trabajo. Su repertorio de ideas, aunque alguien podría llamarlo parcial, está lejos de ser simple y es coherente con sus opiniones pedagógicas. Los resultados del proyecto sugieren varios mensajes para el desarrollo curricular y la formación de docentes. Por ejemplo, la necesidad de incorporar en ellos ejemplos concretos y variados de científicos, temas y propósitos en distintas áreas así como de

abordar, de manera consistente y explícita, que el conocimiento científico se genera a través de un proceso que involucra la aplicación sistemática de ideas (conceptos, teorías, relaciones, clasificaciones, etcétera), una diversidad de estrategias metodológicas y habilidades que incluyen el trabajo colaborativo y la revisión crítica entre colegas, entre otros. Otros objetivos importantes a considerar en los programas de formación de maestros son promover el reconocimiento y análisis constructivo de las expectativas del currículum oficial, fortalecer la confianza de poseer una base de conocimientos para responder a las expectativas oficiales, a sus propias expectativas y las de los alumnos en la práctica docente, así como facilitar el acceso a la información y recursos de apoyo a la acción pedagógica.

Cuando se hacen esfuerzos por incluir en la ciencia escolar contenidos y aproximaciones pedagógicos nuevos, es pertinente dedicar alguna atención a cómo las representaciones, los conocimientos y las prácticas de enseñanza de los maestros pueden interactuar con las innovaciones. Este estudio sólo se enfocó en algunos aspectos de la comprensión que tienen los profesores sobre los científicos. Se trata de un intento por superar las limitaciones de instrumentos con formato de respuesta restringido y la complejidad de acercarse al aula y hacer observaciones sin un claro esquema de las posibles ideas que los maestros despliegan en relación con la naturaleza de la ciencia. Sólo aporta una caracterización de su repertorio de ideas a partir del que se pueden generar algunas hipótesis acerca del razonamiento y la acción pedagógica. Es decir, la caracterización obtenida facilitaría un acercamiento al aula en futuras investigaciones.

El currículo oficial sólo establece recomendaciones amplias para la enseñanza; en la práctica depende, aunque no totalmente, de los conocimientos y habilidades pedagógicas de los maestros. Ciertamente las actitudes y otros factores contextuales (materiales didácticos, procesos de evaluación, etcétera) también son importantes aunque no fueron el foco de atención de este estudio. Sin embargo, aporta una descripción y un análisis iniciales de la base de ideas que poseen los maestros acerca de los científicos, basados en datos empíricos, asimismo, provee algunas claves de las ideas en que los profesores se apoyan para responder a innovaciones educativas vinculadas y de los mensajes que probablemente se comunican en el aula en relación con ellas.

Cualquier esfuerzo serio por introducir aspectos sobre la naturaleza de la ciencia en la escuela necesita un mínimo de reconocimiento de las diferencias metodológicas y conceptuales entre disciplinas científicas y la pre-

sentación más multifacética y menos totalitaria de la naturaleza de la ciencia como una labor cognitiva y humana (Jenkins, 1996). Por tal razón es importante reconocer la existencia de repertorios de ideas restringidos acerca de los científicos y su trabajo así como la necesidad de clarificar y hacer más explícitas las intenciones del currículum oficial en este tema. Un objetivo realista en esta área debería considerar la excesiva carga curricular y la falta de una formación científica robusta de la mayoría de los maestros. En la expresión de intenciones se requiere cierta claridad y una mejor definición de los objetivos de aprendizaje. La aparición de una preocupación por comunicar ideas acerca del mundo de la ciencia a través de la ciencia escolar implica que los maestros están lidiando ya con estos temas en su práctica con varias posibilidades, por ejemplo, abordarlos, reinterpretarlos o evitarlos. La forma en que responden a las expectativas del currículo oficial de educación primaria en relación con estos asuntos está aún subexplorada tanto en México como en otros países. Aún hay espacio para reflexionar y explorar a fondo cómo enseñar y aprender acerca de la naturaleza de la ciencia que puede tener lugar en la escuela primaria, su justificación, posibles resultados y retos.

Apéndice A

Cuestionario (descripción del escenario pedagógico y preguntas iniciales)

Elaborando carteles de científicos

Un grupo de personas encargadas de diseñar material educativo se reúne para decidir el contenido de una nueva serie de carteles que pretenden presentar algunos científicos a alumnos de quinto y sexto grados de educación primaria. El propósito de los carteles es que los alumnos aprendan acerca de cómo son los científicos. Sin embargo, resulta difícil alcanzar un acuerdo, pues surgen diferentes propuestas. Lea la siguiente discusión:

- Debemos incluir científicos como Newton, Einstein y Marie Curie como ejemplos HISTÓRICOS de científicos que hicieron contribuciones sobresalientes en el pasado.
- Yo creo que sería mejor presentar científicos CONTEMPORÁNEOS, aunque no sean muy famosos, como David Philips, Pablo Rudomín y Mayra de la Torre, quienes actualmente realizan investigaciones interesantes y desafiantes.
- Mi opinión es que debemos presentar personas aclamadas como Pasteur, Darwin y Mendel, HOMBRES de ciencia, que revolucionaron nuestra comprensión acerca del mundo natural.
- Un momento, francamente pienso que deberíamos evitar transmitir el mensaje de que sólo los hombres son grandes científicos. Mejor, deberíamos presentar MUJERES científicas como Marie Curie, Cecilia Payne-Gaposchkin y Julieta Fierro.

- Sin importar a quién incluyamos, debemos enfatizar que los científicos son personas PRIVILEGIADAS y TALENTOSAS que están interesadas en encontrar respuestas a preguntas de gran interés.
- Estoy en total desacuerdo. Haríamos un buen trabajo si logramos comunicar la idea de que nadie nace equipado con el conocimiento y las habilidades de un científico, que CUALQUIER PERSONA puede llegar a ser un científico con suficiente interés, curiosidad y entrenamiento entre otras personas dedicadas a la ciencia.
- Es cierto, por lo tanto podríamos incluir algunas imágenes de científicos vistiendo bata blanca y trabajando en el LABORATORIO, rodeados de equipo e instrumentos.
- Siento no estar de acuerdo, pero no deberíamos mostrar a los científicos trabajando solamente en el laboratorio. Muchos de ellos trabajan en OTROS LUGARES como espacios al aire libre, industrias, hospitales y oficinas o frente de la computadora.
- Sinceramente, creo que deberíamos invertir tiempo y esfuerzo pero NO EN PRESENTAR CIENTÍFICOS a los alumnos a través de estos carteles. Deberíamos mejor PRESENTAR CONCEPTOS Y TEORÍAS. Quiero decir, verdaderos conocimientos científicos.
- Sería adecuado presentar científicos a ESTUDIANTES DE SECUNDARIA pero no a ESTUDIANTES DE PRIMARIA.

Después de escuchar estas propuestas y opiniones, ¿qué diría si le invitaran a participar en la discusión?

CUESTIONARIO

[Para esta versión se han eliminado las preguntas, dado que para cada propuesta son, en todos los casos, “¿Cuál de estas propuestas apoyaría” y “Explique su respuesta por favor”]

Por favor conteste las siguientes preguntas de manera individual. Repase nuevamente las propuestas y elija aquella que usted apoyaría. Señale brevemente su razón para apoyarla:

Propuestas: Incluir en los carteles...

- Ejemplos históricos de científicos o científicos contemporáneos
- Hombres científicos o mujeres científicas
- Científicos como personas privilegiadas y talentosas o científicos como cualquier persona con interés, curiosidad y el entrenamiento adecuado
- Científicos trabajando en laboratorios o científicos trabajando en una variedad de contextos
- Científicos o conceptos y teorías
- Presentar científicos sólo a estudiantes de secundaria o presentar científicos a estudiantes de primaria

Referencias

- Bartholomew, H.; Osborne, J., y Ratcliffe, M. (2004). “Teaching students ‘Ideas-About-Science’: Five dimensions of effective practice”, *Science Education*, 88 (5), pp. 655-682.
- Bell, R.; Lederman, N. y Abd-El Khalick, F. (2000). “Developing and acting upon one’s conception of the nature of science: A follow-up study”, *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), pp. 563-581.

- Brickhouse, N. (1990). "Teachers beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice", *Journal of Teacher Education*, 41 (3), pp. 53-62.
- Brown, J.; Collins, A. y Duguid, P. (1989). "Situated cognition and the culture of learning", *Educational Researcher*, 18 (1), pp. 32-42.
- Coburn, W. y Loving, C. (2002). "Investigation of pre-service elementary teachers' thinking about science", *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (10), pp. 1016-1031.
- Donnelly, J. F. (1994). "Policy and curricular change: Modelling science in the National Curriculum for England and Wales", *Studies in Science Education*, 24, pp. 100-142.
- Donnelly, J. F. (2001). "Contested terrain or unified project? 'The nature of science' in the National Curriculum for England and Wales", *International Journal of Science Education*, 23 (2), pp. 181-195.
- Driver, R. et al. (1996). *Young people images of science*, Buckingham, Open University Press.
- Guerra, M. T. (2005). *Ideas about science in Mexican primary education: curriculum demands and teachers' thinking*, tesis de doctorado en Educación en Ciencias, Inglaterra: Universidad de Leeds (inédita).
- Haidar, A. (1999). Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science, *International Journal of Science Education*, 21 (8), pp. 807-822.
- Hind, A. (2002). *Teaching and learning about the nature of scientific theoretical models as part of an AS level programme*, tesis de maestría en Educación, Inglaterra: Universidad de Leeds.
- Jenkins, E. W. (1996). "The 'nature of science' as a curriculum component", *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2), pp. 137-150.
- Kimball, M. E. (1968). "Understanding the nature of science: a comparison of scientists and science teachers", *Journal of Research in Science Teaching*, 5 (2), pp. 110-120.
- Kouladis, V. y Ogborn, J. (1989). "Philosophy of Science: an empirical study of teachers' views", *International Journal of Science Education*, 11 (2), pp. 173-184.
- Lakin, S. y Wellington, J. (1994). "Who will teach the 'nature of science'?: teachers' views of science and their implications for science education", *International Journal of Science Education*, 16 (2), pp. 175-190.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Leach, J.; Hind, A. y Ryder, J. (2003). "Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms", *Science Education*, 87 (6), pp. 831-848.
- Lederman, N. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research", *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), pp. 331-359.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*, Nueva York: Routledge.
- McComas, W.; Clough, M. y Almazroa, H. (1998). "The role and character of the nature of science in science education", en McCommas (ed.) *The nature of science education: Rationales and strategies*, Países Bajos: Kluwer Academic Publishers.
- Miles, M. y Huberman, A. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*, Thousand Oaks, CA: Sage.

- Miller, G. A. y Guilead P. M. (1987). "How children learn words", *Scientific American*, 257 (3), pp. 94-99.
- Murcia, K. y Schibeci, R. (1999). "'Primary student teachers' conceptions of the nature of science", *International Journal of Science Education*, 21 (11), pp. 1123-1140.
- Nott, M. y Wellington, J. (1996). "Probing teachers' views of the nature of science: how should we do it and where should we be looking?", en Welford G., Osborne J. y Scott, P., *Research in science education in Europe: Current issues and themes*, Londres: Falmer Press.
- Osborne, J. *et al.* (2003). "What 'Ideas-about-science' should be taught in school science? A delphi study of the expert community", *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7), pp. 692-720.
- Petrovka, K. y Boyadjieva, P. (1994). "The image of the scientists and its functions, *Public Understanding of Science*", núm. 3, pp. 215-224.
- Pomeroy, D. (1993). "Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers and elementary teachers", *Science and Education*, 77(3), pp. 261-278.
- Porlán, R. y R. Martín del Pozo (2004). "The conceptions of in-service teachers and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science", *Journal of Science Teacher Education*, 13 (1), pp. 39-62.
- Poulson, L. (2001). "Paradigm lost? Subject knowledge, primary teachers and education policy", *British Journal of Educational Studies*, 49 (1), pp. 40-55.
- Putman, R. y Borko, H. (2000). "What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning?", *Educational Researcher*, 29 (1), pp. 4-15.
- Rampal, A. (1992). "Images of science and scientists: A study of school teachers' views. I. Characteristics of scientists", *Science Education*, 76 (4), pp. 415-436.
- Ryder, J.; Leach, J. y Driver, R. (1999). "Undergraduate science students' images of science", *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (2), pp. 201-219.
- Schwartz, R. y Lederman, N. (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), pp. 205-236.
- Stenberg, R. J. y Wagner, R. K. (1994). *Mind in context*, Nueva York: Cambridge University Press.
- SEP (1993). *Plan y programas de estudio educación primaria*, México: SEP.
- Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*, Cambridge: Harvard University Press.
- Ziman, J. (1995). *Of one mind: the collectivization of science*, Nueva York: American Institute of Physics.

Artículo recibido: 8 de febrero de 2006

Dictamen: 18 de mayo de 2006

Segunda versión: 31 de mayo de 2006

Aceptado: 21 de junio de 2006