



Revista mexicana de investigación educativa
Consejo Mexicano de Investigación Educativa A.C
comie@servidor.unam.mx
ISSN: 1405-6666
MÉXICO

2002

Enna Carvajal Cantillo / María del Rocío Gómez Vallarta

CONCEPCIONES Y REPRESENTACIONES DE LOS MAESTROS
DE SECUNDARIA Y BACHILLERATO SOBRE LA NATURALEZA,
EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Revista Mexicana de Investigación Educativa, septiembre-diciembre, Vol. 7, número 16
Consejo Mexicano de Investigación Educativa
México

Págs. 577-602

Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias

ENNA CARVAJAL CANTILLO*
MARÍA DEL ROCÍO GÓMEZ VALLARTA**

Resumen:

En el marco de los esfuerzos encaminados a conocer los factores que influyen en la enseñanza de las ciencias, se identificaron las concepciones sobre la naturaleza y el aprendizaje de las mismas, de siete profesores de ciencias de los niveles medio básico y medio superior; se usó para ello un modelo de análisis que considera categorías definidas *a priori*. Se exploraron también las representaciones que los maestros sostienen sobre sus prácticas de enseñanza. Los principales resultados identifican la falta de conciencia de sus propias concepciones como la posible razón por la que no se encuentra coincidencia entre las posturas que los maestros sostienen en lo epistemológico y en cuanto al aprendizaje. Se discute la necesidad de cursos de formación docente que generen espacios de reflexión y que fomenten el desarrollo de habilidades de metaobservación.

Abstract:

As part of the efforts aimed at discovering the factors that influence science teaching, the beliefs of seven science teachers in secondary and preparatory schools were identified in terms of learning in science; used for this end was an analytical model that considers predefined categories. The teachers' statements regarding their teaching practices were also explored. The principal results indicate the teachers' lack of awareness of their own beliefs as the possible reason for their differing postures in epistemology and learning.

* Investigadora del Centro de Estudios Educativos. Av. Revolución 1291, col. Tlacopac San Ángel, México, DF. CE: ecarvajal@panaseg.com.mx

** Investigadora del Centro para el Desarrollo y la Investigación de la Psicoterapia Sistémica. Viaducto Miguel Alemán 679, col. Roma Sur, CP 06760, México, DF. CE: rociogova@hotmail.com

The paper discusses the need for teacher training in order to generate reflection and encourage the development of observation skills.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, concepciones de profesores, secundaria, bachillerato.

Key words: Science teaching, teacher beliefs, secondary school, preparatory school.

Introducción

La ciencia constituye una parte fundamental y en constante cambio de nuestra cultura, de tal forma que nadie se puede considerar adecuadamente educado sin una comprensión de sus rudimentos.

Este planteamiento justifica los esfuerzos que se realizan, en todos los niveles educativos, en enseñanza de la ciencia. La preocupación se centra en cómo ésta puede contribuir a que los jóvenes adquieran los instrumentos y destrezas adecuados para que conozcan, interpreten y actúen en un mundo donde lo único constante es el cambio.

La investigación en el área de enseñanza de las ciencias ha revelado diferencias entre los objetivos establecidos por los desarrolladores del currículo y lo que los maestros realmente ponen en práctica (Tobin y McRobbie, 1997). Éstas han llamado la atención sobre la influencia de las concepciones docentes en la puesta en marcha del currículo de ciencias, y los resultados en esta línea de investigación han cambiado la visión simplista que establece que la enseñanza de la ciencia es una actividad que demanda únicamente conocimiento sobre el área específica por enseñar y cierta experiencia profesional. En otras palabras, se ha comprobado que la formación del maestro en estas áreas no puede reducirse a unos cuantos cursos científicos como a veces se ha supuesto.

Actualmente, existen estudios descriptivos encaminados a evaluar las concepciones que tienen los docentes sobre la ciencia, y otros, orientados a la búsqueda de posibles soluciones de la problemática encontrada (Chen *et al.*, 1997; Laplante, 1997; Tobin y McRobbie,

1997; Flores *et al.*, 2000). Todos coinciden en afirmar, en general, que estos maestros no poseen concepciones “adecuadas” sobre la naturaleza de la ciencia, que las técnicas para generar el cambio conceptual han tenido un éxito relativo y que los antecedentes académicos de los docentes no son una variable significativa en el origen de las concepciones.

La intención del presente estudio es contribuir al conocimiento de un área que ha sido relativamente poco explorada en nuestro país. Para ello se identificaron las concepciones sobre la naturaleza y el aprendizaje¹ de la ciencia, de una población, no representativa, de profesores de ciencias de los niveles medio básico y medio superior, con el fin de establecer correspondencias y comparaciones entre ellas. Se parte de un marco de referencia con categorías predefinidas, representadas en un cuestionario diseñado *ad hoc* y posteriores entrevistas a profundidad, practicadas a siete maestros seleccionados. En el presente artículo se reportan los resultados de estas últimas.² Se espera que éstos puedan contribuir tanto en el diseño como en la selección de los cursos de formación dirigidos a los maestros de ciencias.

Marco teórico

Los docentes sostienen concepciones y creencias, implícitas o explícitas, sobre su trabajo, los estudiantes, la materia que imparten, sus roles y responsabilidades. Estas concepciones son, en general, un constructo difuso y difícil de operacionalizar (Pajares, 1992). Diversos autores coinciden en afirmar que son representaciones individuales de la realidad con suficiente validez y credibilidad para guiar el pensamiento y el comportamiento; se forman tempranamente, tienden a permanecer aun ante fuertes contradicciones lógicas y crean un filtro a través del cual los fenómenos son interpretados y la información es procesada (Pajares, 1992; Tobin y McRobbie, 1997).

De acuerdo con Lederman (1992) y otros autores, los principales hallazgos de las investigaciones relacionadas con las concepciones de los docentes se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Los maestros de ciencias poseen concepciones sobre la naturaleza de la ciencia —sea cual fuere el instrumento utilizado para su evaluación— que no pueden asociarse con alguna posición filosófica (Guo y Hsu, 1999). Enfatizan poco en aspectos creativos, dilemas éticos y de construcción social que involucran la conformación de las disciplinas científicas que imparten (Abell y Smith, 1994).
- Las estrategias encaminadas a transformar estas concepciones han resultado exitosas sólo en los casos en que fue utilizado un enfoque con aspectos históricos y filosóficos de la ciencia, en contraste con aquellos que procuran el desarrollo de habilidades en la metodología científica (Abd-El-Khalick y Lederman, 1999; Flores *et al.*, 2000).
- Variables como los antecedentes educativos de los docentes o su experiencia, no están significativamente relacionadas con sus concepciones.

Las concepciones sobre cómo y qué es lo que debe aprender el estudiante influyen sobre la puesta en práctica del currículo y están basadas, principalmente, en el propio estilo de aprendizaje del maestro (Tobin y McRobbie, 1997). Los docentes en formación tienen confianza en su habilidad para enseñar y una apreciación simplista de la relación establecida en el proceso de enseñanza y de aprendizaje (Laplante, 1997). No desarrollan su conocimiento sobre este proceso a través de una abstracción reflexiva de su práctica sino por un proceso de ensayo y error a través de su experiencia en el campo (Yerrick *et al.*, 1997).

Diversos autores han explorado la relación entre las creencias de los maestros y sus maneras de planear, su toma de decisiones, sus prácticas en el aula, etcétera (Hashweb, 1996; Yerrick *et al.*, 1997; Lederman, 1992; Chen *et al.*, 1997; Laplante, 1997; Brickhouse, 1990; Pomeroy, 1993). Algunos estudios afirman que no hay relación entre estilos de enseñanza y concepciones de las ciencias (Lederman, 1992), otros afirman lo contrario: la relación entre concepciones y acciones es más compleja de lo que se piensa (Brickhouse, 1990; Pomeroy, 1993).

En diferentes épocas ha existido una relación entre la imagen de la ciencia que se enseña y la concepción filosófica sobre qué es y cómo se genera el conocimiento científico, aunque ambos aspectos, el educativo y el epistemológico, no siempre coincidan en el tiempo. Por ello, para explorar las concepciones de los maestros, se decidió compararlas con visiones específicas, por lo que definimos tres posturas sobre el conocimiento científico, cada una con su correspondiente acercamiento sobre aprendizaje del mismo. Si bien no existen acuerdos generalizados sobre las posturas que permitan caracterizar las concepciones, se eligieron aquellas que demostraron, a partir de los resultados del piloteo de instrumentos, un mayor poder de discriminación. Estas tendencias generales sirven como referentes con fines de categorización y clasificación. Así pues, se compararon las concepciones de los maestros con los presupuestos básicos del empirismo, como teoría epistemológica; el conductismo, como teoría de aprendizaje, y con el constructivismo y el constructivismo socio-cultural, como posturas que abarcan ambas dimensiones. La definición *in extenso* de cada una puede consultarse en el trabajo de Carvajal y Gómez (2001); para los fines que nos ocupan hemos elaborado la tabla 1 que muestra, de forma esquemática, los supuestos fundamentales incluidos en la definición de cada una de las posturas.

Tabla 1
Definición de posturas atendiendo a algunas de las categorías de análisis

	Empirismo/ Conductismo	Constructivismo	Constructivismo socio-cultural
Origen del conocimiento	Toma de conciencia de una realidad estructurada.	Nunca separado del sujeto, quien al actuar sobre el objeto de conocimiento, lo transforma y se estructura a sí mismo construyendo sus propias estructuras interpretativas.	Producto de la interacción dialéctica entre el sujeto cognoscente y el objeto, en un contexto histórico del que forma parte el sujeto. Es fruto de la negociación social de significados.
Desarrollo del conocimiento científico	Es acumulativo. Se constituye en un cuerpo de conocimientos acabados en tanto han sido objetivamente probados.	En continuo proceso de elaboración y revisión y reconstrucción.	Fruto de sucesivas rectificaciones condicionadas por el pensamiento dominante de la época.

	Empirismo/ Conductismo	Constructivismo	Constructivismo socio-cultural
Carácter de la actividad científica	Procura verdades objetivas, neutras, que son externas al individuo que las observa y analiza.	En las aportaciones científicas influye el contexto particular por lo que contendrá abundantes componentes subjetivos.	En las aportaciones influye el contexto social. El carácter social de la comunidad científica permite no sólo la producción sino la validación del conocimiento.
Concepción del aprendizaje y enseñanza de la ciencia	Consiste en un cambio estable en la conducta. Los saberes son transmitidos en el curso de una formación rígida y estructurada.	Es un proceso estimulado en el estudiante al confrontar las ideas que ha adquirido a lo largo de su educación formal e informal, con el conocimiento nuevo al que se aproxima mediante el maestro, libros, experiencias, etcétera.	Se hace énfasis en la necesidad de la interacción social y del papel del lenguaje en contextos escolares.
Papel del conocimiento previo	Es tomado en cuenta en tanto coincida con las ideas científicamente válidas, de otra forma, será considerado como erróneo y se procede a su corrección.	Debe considerarse para el despliegue de estrategias que favorezca el conflicto y produzca el cambio conceptual.	No hay continuidad entre concepciones alternativas y conceptos científicos, en tanto que el aprendizaje escolar precede la adquisición de las estructuras lógicas. Debe desecharse.
Evaluación del aprendizaje	Se evalúa la conducta observable, los criterios y las condiciones de la misma. Lo importante es medir el grado de la ejecución de los conocimientos y habilidades en cuanto a niveles de destreza.	Se centra menos en el producto y más en los procesos relativos a los estados de conocimiento, hipótesis e interpretaciones logrados por los alumnos. Permite conocer la pertinencia de las acciones para promover aprendizajes significativos.	Es importante evaluar, en forma adicional, habilidades como la colaboración, cooperación y capacidad de argumentación.

Diseño metodológico

La muestra inicial de la investigación estuvo formada por un total de 66 profesores de física, química y biología en los niveles medio y medio superior. Ellos respondieron a un cuestionario cerrado, de opción múltiple, autoadministrado, diseñado *ad hoc* (Carvajal y Gómez, 2001). A partir de los resultados del mismo, se seleccionaron siete maestros para una entrevista a profundidad, que nos permitió explorar con mayor detalle algunos temas relacionados con las prácticas y formación de los docentes y sobre cuyos resultados gira la discusión final.

Para el diseño de la entrevista se definieron categorías de análisis al interior de cada una de las dos dimensiones, la epistemológica y la de aprendizaje.³ Estas categorías son, para la primera: origen y desarrollo del conocimiento científico, métodos de la búsqueda científica y carácter social de la actividad científica. Para la dimensión de aprendizaje: concepción de aprendizaje de la ciencia, papel tanto del maestro como del alumno, rol del conocimiento previo, estrategias de enseñanza y de aprendizaje, evaluación del aprendizaje y manejo y planeación de la actividad experimental.

Se utilizó una guía de entrevista, que facilitara un diálogo no directivo y abierto, para asegurar que los temas clave fueran, en su mayoría, explorados. Los resultados del análisis del cuestionario arrojaron información que permitió establecer las posturas generales, tanto en la dimensión epistemológica como en la de aprendizaje, con base en las respuestas que los profesores privilegiaron.

Los maestros elegidos se consideraron ya sea porque sus respuestas en la dimensión epistemológica revelaban una fuerte congruencia con la de aprendizaje o, por el contrario, una importante contradicción.

Para analizar la información obtenida a través de las entrevistas, se construyó una matriz de casos contra indicadores de las categorías definidas. Los datos proporcionados por los profesores se vaciaron en la matriz y, tras un proceso de comparación y contrastación de las diferentes posturas adoptadas por cada uno, se elaboró el análisis que se presenta a continuación.

Resultados del análisis de las entrevistas

El reporte de las entrevistas realizadas a siete maestros de ciencias está dividido en tres secciones. En la primera nos referimos a su formación tanto profesional como docente. En la segunda discutimos sus concepciones de la ciencia respecto de: el origen del conocimiento, los métodos de la búsqueda, el papel de la comunidad y la utilidad del trabajo científicos. En la última sección abordamos sus concepciones sobre el aprendizaje de la ciencia y sus

representaciones sobre el proceso de enseñanza: qué es aprender ciencia, cómo visualizan el papel del maestro y del alumno, cuál es el papel de los conocimientos previos, cuáles son las estrategias de enseñanza más usadas, cómo planean y llevan a cabo las actividades experimentales y cómo evalúan a los estudiantes.

Ninguno de los profesores entrevistados sostiene una postura claramente definida ni en la dimensión epistemológica ni en la de aprendizaje. Sin embargo, podemos decir que dos de ellos se orientan hacia una constructivista, en lo epistemológico, y constructivista socio-cultural en lo que al aprendizaje se refiere (maestros M1 y M2); tres de ellos se encuentran, a nuestro juicio, en una posición intermedia entre una visión empirista de la ciencia y una constructivista del aprendizaje de la misma (maestros M3, M4 y M6); mientras que los dos restantes, sostienen una postura orientada, predominantemente, hacia el empirismo-conductismo (maestros M5 y M7).

Cabe mencionar que tres de los entrevistados imparten clases en el nivel medio (M2, M3 y M5), dos lo hacen en el medio superior (M1 y M7) y dos se desempeñan en ambos (M4 y M6).

Para ofrecer un panorama general de las posturas en las que pueden ubicarse a los profesores, presentamos la tabla 2, con las categorías de análisis utilizadas en el diseño y análisis del cuestionario, sus referentes y la identificación de las posturas resultantes, en esta primera fase del estudio, para los entrevistados. Cabe mencionar que mostraron, en general, coherencia entre sus respuestas al cuestionario y la entrevista, aunque, como veremos en los resultados, de éstas hay algunos puntos donde entran en conflicto.

Formación profesional y para la enseñanza

Los maestros tuvieron formaciones profesionales muy diversas: los especializados en ciencias naturales son licenciados en biología (M1 y M2); cuatro son ingenieros con distintas especialidades: mecánica industrial, civil y bioquímica en alimentos (M4, M5, M6 y M7); así como un químico fármaco-biólogo con especialidad en inmunología (M3). Sólo uno de los profesores tiene posgrado (candidato a doctor) en ciencias (M1).

Tabla 2
Categorías de análisis del cuestionario y posturas adoptadas por los profesores

Categorías	Refiere a:	Profesores						
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Dimensión epistemológica								
Patrones de desarrollo del conocimiento científico	El conocimiento científico considerado como acumulativo o que sigue un patrón evolutivo o revolucionario.	CS	C	E	E	E	E	E
Patrones de integración del conocimiento científico	El conocimiento científico concebido como un conjunto cerrado de contenidos o como una materia en continuo proceso de elaboración.	C	CS	C	E	C	E	C
Metodología de la búsqueda científica	El conocimiento científico producto del seguimiento ordenado de reglas o una construcción histórica y social.	E	CS	E	C	C	E	E
Certidumbre del conocimiento científico	El conocimiento científico obtenido inductivamente a partir de la experiencia sensible o desarrollado a partir de estructuras teóricas puestas a prueba.	C	C	C	E	C	C	E
Naturaleza de la actividad experimental	Correspondencia entre conocimiento y realidad. Relación entre conocimientos teóricos y los métodos de la ciencia.	E	C	E	E	CS	E	E
Dimensión de aprendizaje								
Concepción de aprendizaje de la ciencia	Aprendizaje como reproducción de comportamientos por parte de los alumnos o que éstos generen y confronten sus ideas.	CS	CS	C	C	E	C	C
Papel del conocimiento previo	Se considera como base para elaborar nuevas ideas o erróneo y sujeto de modificación.	C	C	CS	CS	E	C	E
Uso de herramientas y estrategias de aprendizaje	Se privilegian explicaciones detalladas de los conceptos o se confrontan ideas de los alumnos con las científicamente aceptadas.	CS	CS	CS	C	E	C	E

Categorías	Refiere a:	Profesores						
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Creación de un ambiente de aprendizaje	Se privilegia el uso de incentivos y motivación externa o se fomenta la iniciativa al presentar contenidos relevantes para los alumnos.	C	C	CS	C	E	C	C
Evaluación del aprendizaje	Se verifica que los alumnos reproduzcan los hechos constatados por la ciencia o se busca conocer la evolución de sus ideas.	CS	C	CS	C	CS	C	E
Relación entre actividad experimental y manejo de los métodos de la ciencia	Se privilegia la exactitud al registrar un fenómeno o la elaboración de explicaciones en forma individual y/o colectiva.	CS	CS	C	C	E	CS	E

E: postura empirista/conductista. C: postura constructivista. C.S. postura constructivista socio-cultural.

En lo que toca a la formación docente, solamente uno de ellos cuenta con un posgrado especializado en docencia de las ciencias: química en el nivel superior (M3). Los demás, cuentan con diversos diplomados y cursos, generalmente impartidos en las instituciones donde se desempeñan, que van desde programas para el manejo del adolescente, diplomados en desarrollo de habilidades del pensamiento, en procesos de enseñanza y aprendizaje, hasta uno en dirección de centros educativos.

La influencia que la formación docente ha tenido sobre los maestros también es diversa: para los que sostienen una postura hacia el constructivismo, parece haber desencadenado un proceso de reflexión sobre su práctica que se extendió más allá, hasta influir en su conceptualización sobre la ciencia. Lo mismo sucede en el caso de los maestros que se tienden hacia el empirismo sobre la naturaleza de la ciencia y, en contraste, una visión orientada al constructivismo en lo que toca al aprendizaje de la misma: ya sea en el nivel del discurso, o bien, motivados por los problemas que tenían lugar en el interior de sus aulas y en la búsqueda de respuestas, han encontrado soluciones al compartir y reflexionar con sus colegas sobre temas que, por su formación técnica, no habían considerado al inicio de su labor docente.

Todos los entrevistados comenzaron dando clase apegándose a los referentes más cercanos: sus propios maestros. Así pues, los que se consideran a sí mismos como “tradicionales”, se confiesan seguidores de las estrategias y técnicas que sus profesores utilizaron con ellos, pues no han encontrado la forma de aplicar los contenidos de los cursos sobre nuevas tendencias educativas que han tomado a lo largo de su práctica docente. En este sentido y para nuestro caso específico, se confirma lo expuesto por algunas investigaciones (Yerrick *et al.*, 1997) que afirman que los profesores no desarrollan su conocimiento sobre enseñanza y aprendizaje a través de la abstracción reflexiva de su práctica —extraída del contexto de la escuela— sino que, más bien, la obtienen de un proceso de ensayo y error a través de su experiencia de campo. Sin embargo, no se tiene claro cuál es el factor o la combinación de factores relativos a la formación del profesor por la que en algunos maestros se desencadena un proceso de reflexión pues, como ya se mencionó, no hay un común denominador entre la diversidad de formaciones tanto profesionales como docentes.

Concepción de la ciencia

Origen y desarrollo del conocimiento científico

En la exploración de las concepciones epistemológicas de los entrevistados es donde detectamos las diferencias más significativas entre ellos. Mientras M5 hace afirmaciones que pueden identificarse con teorías empiristas, como la que sigue: “[...] las leyes de la física no cambian, [hay] que estar actualizado con ejemplos... el conocimiento siempre va a ser lo mismo [pero] vamos a tener avance en la tecnología” (M5: 405; 410-411). En contraste, M2 sostiene una postura epistemológica más orientada al constructivismo: “[...] la ciencia tiene aproximación a respuestas, pero no tiene verdades... esto pensamos ahorita pero, con el tiempo, las cosas se van pensando de manera diferente, a la luz de nuevos conocimientos científicos, de nuevas experiencias” (M2: 313-314; 317-318).

Cuando preguntamos a los maestros sobre el origen del conocimiento, algunos —aparentemente identificados con una postura constructivista— esbozan una noción en la que el conocimiento no es un producto simple de la percepción sino que involucra la

modulación de la experiencia a raíz de la evidencia perceptual: “No podemos llegar tan fácilmente a esa realidad, aun cuando entendemos sus efectos y sus consecuencias, es difícil saber lo que pasa, por ejemplo, en el átomo”. (M7: 307-308)

Sin embargo, cuando este mismo maestro profundiza en su argumentación, deja ver la influencia de la tradición empirista y positivista y manifiesta que el conocimiento científico está sustentado en la evidencia física: “[...] existe una realidad, existe una ley, existe un principio y éste es irrefutable...” (M7: 349-350)

En general, es difícil abordar estos temas con los maestros, la respuesta no surge con facilidad: parece que hay escasa reflexión sobre la naturaleza del conocimiento científico. Nos inclinaríamos a pensar que, como lo afirma Guo y Hsu (1999), generalmente, los docentes no sostienen concepciones de la ciencia que coincidan o que puedan asociarse con alguna posición filosófica en particular.

Los métodos de la búsqueda científica

No importa la postura de los maestros, todos retoman, como punto de partida para la búsqueda científica, la observación de los fenómenos en la naturaleza: la nombran invariablemente al dar su opinión acerca del método científico, el cual les proporciona un orden y organiza las actividades experimentales.

La mayoría de los profesores sostiene una visión donde la búsqueda científica está libre de valores y se hace énfasis en la recolección y análisis de datos que ayudan a conformarlos:

Yo sí les hablo del método por pasos, aunque les explico que no en todas las áreas, en biología es muy claro... no importa de qué manera planteo yo mi hipótesis, ése no sería el paso, el paso sería ir al campo y tomar datos, yo no tendría ninguna hipótesis en un principio, más bien, yo tendría que tener registros, y sobre mis registros puedo hacer un análisis (M1: 361-362; 367-370).

La mayoría de los maestros nos hablan de que el método científico nos da una estructura que facilita la comunicación de las ideas científicas: “[...] tiene que haber una metodología, porque si no, no habría una herencia” (M4: 62). Solamente uno de ellos lo percibe

como una opción: “[...] el método científico no es el decálogo de Moisés...” (M2: 298-299), para él, es importante partir de la interpretación de las observaciones del mundo físico sin reglas preestablecidas.

En este sentido, podríamos concluir que los maestros de ciencias, aun aquellos que se consideran a sí mismos constructivistas, creen que la ciencia es un proceso de exploración y recolección de datos que nos lleva al descubrimiento de las verdades sobre la naturaleza, y pocos son los que conocen el proceso por el cual las teorías son desarrolladas y aceptadas por la comunidad científica, así como el papel de las mismas en la organización del conocimiento y como guía de nuevas investigaciones.

Papel de la comunidad científica y la utilidad del trabajo científico

En general, se percibe como poco valorado el papel de la comunidad científica en la creación del conocimiento y, además, coincidiendo con los resultados de Laplante (1997), hay indicios de que los docentes tienen una opinión pobre de sí mismos, se consideran incapaces de profundizar en este conocimiento y mucho menos de generarlo: por ejemplo, uno de los maestros entrevistados se refiere a los científicos como un grupo que “sabe mucho”, que investiga acerca de los fenómenos, descubre y construye el conocimiento; el papel de los profesores es, entonces, el de divulgar lo que otros descubren: “[...] yo digo que es importante la comunidad científica, porque ellos están haciendo las cosas para ti [...] ellos están investigando y te dan las cosas más fáciles” (M5: 451-453).

Hallamos también que los docentes tienen una representación de los científicos como seres extraordinarios y poco familiares: otro maestro opina que “[los científicos] son muy fríos, muy cerrados, muy cuadrados en lo que ellos piensan” (M3: 592).

Por otro lado, se reconoce el papel de los estudiosos como instancia de validación: “[la comunidad científica] tiene que intervenir, que regular, porque si no, mucha gente diría, es que esto es descubrimiento... hay que evaluar si es o no válido lo que se está haciendo... tiene que haber la explicación de que realmente es un nuevo conocimiento” (M4: 579-581; 587-589).

Para uno de los dos maestros más orientados al constructivismo socio-cultural, el trabajo de la comunidad científica nos ayuda a entender mejor el mundo en que vivimos y no es neutral ni libre de valores culturales y sociales: “Los problemas de la naturaleza, la ciencia te permite resolverlos, pero si tú no estableces vínculos de afecto con la naturaleza... entonces esto es todo lo que tiene que ver ahora con esto que le llaman ciencia, tecnología y sociedad” (M2: 433-437). También enfatiza en que el trabajo científico no es fruto de una construcción individual sino que se construye socialmente de acuerdo con los estándares de la comunidad de investigadores: “[...] pero, si no tienes un trabajo colectivo, si no compartes dudas, si no compartes inquietudes, si no ves qué están haciendo los otros, pues te quedas solito en la inmensidad del espacio creyendo que estás descubriendo el hilo negro y estás perdido” (M2: 155-158).

En general, los maestros reflexionan poco sobre todo en lo que se refiere a aspectos culturales, éticos y filosóficos de la ciencia.

Concepción del aprendizaje de la ciencia y representaciones sobre la enseñanza

Qué es aprender ciencia

Cuando preguntamos a los maestros qué es aprender ciencia, generalmente nos hablan de cómo debe enseñarse o, en su defecto, de cuál debería ser el objetivo de su aprendizaje:

[El objetivo del aprendizaje de la ciencia debe ser] número uno, que tengan un conocimiento más amplio de lo que son las ciencias, que tengan contacto con ellas, que cuáles son los métodos de investigación que se siguen, que parten —primero que nada— del cuestionamiento del porqué de las cosas; otro poquito que manejen el lenguaje científico (M4: 139-143).

Este objetivo implica que el contenido a enseñar es fijo, estático y que hay que transmitirlo; también implica el seguimiento esquemático de una serie de actividades dirigidas, explicadas y evaluadas por el maestro. Solamente los dos profesores con tendencia al constructivismo y constructivismo socio-cultural se refieren a los cambios que deben generarse en sus alumnos:

Tratar de trabajar habilidades de pensamiento que les van a servir tanto para interpretar los fenómenos naturales desde un punto de vista científico a mediano plazo, como para interpretar cualquier otra cosa del mundo que les rodea o para enfrentar cualquier otro problema..., que los chicos empiecen a valorar que sus preguntas son interesantes y vale la pena buscarles respuesta (M2: 227-231; 239-240).

Otros nos comentan: “[...] y yo creo que realmente no enseño, sino más bien ellos aprenden..., no hay que darles todo hecho porque yo creo que eso no es aprender” (M1: 96-97; 604); “[...] si ellos van comprendiendo que todo en la vida es un contexto, que es una integración, que todo les va a servir siempre...” (M3: 502-505).

Estos maestros se acercan más a una noción del aprendizaje que involucra una transformación del sujeto, una ampliación —o modificación— de sus esquemas cognitivos y conductuales; además, comparten una visión del currículo compuesto por una red de ideas importantes que hay que explorar, un sistema abierto al cual se accede de diferentes formas y que nos da una imagen del mundo real, complejo y cambiante.

Así pues, estos maestros nos hablan de que el aprendizaje implica un proceso de reflexión y descubrimiento: “[...] me interesa que [los alumnos] tengan esa noción de lo importante que es el mundo... que descubran realmente la gran diversidad que hay en el planeta” (M1: 447-448; 593); “[...] mostrar a los muchachos que la ciencia es una forma de obtener respuestas, de alguna manera, un enfoque que te orienta... para mí es lo central en cualquier curso de ciencias de secundaria” (M2: 245-246; 248).

Papel del maestro

Es en este aspecto donde la opinión de los profesores con tendencias conductistas y aquellos más orientados hacia el constructivismo o constructivismo socio-cultural, se separa radicalmente; para los primeros, el papel del maestro es: “[...] sencillamente dársela [la teoría], como es la educación que tenemos, realmente la tradicional, de que el profesor la expone y exponiendo, que ellos piensen en ejemplos que puedan dar con base en lo que se expuso” (M5: 358-360).

Apoyando esta postura, el otro maestro nos dice: “lo que uno les está diciendo es la verdad” (M7: 192-193), el objetivo del maestro es que los alumnos lleguen “a la realidad, al fenómeno tal cual es” (M7: 416).

Se da también un gran énfasis a los aspectos afectivos e interpersonales que conlleva la enseñanza, estos maestros afirman que se necesita establecer una relación empática con los alumnos: “[...] no podemos aislar a la persona de sus sentimientos y de sus ilusiones” (M7: 514); además, buscar que “[...] el joven esté interesado en la clase” pero “donde siempre se dé un respeto dentro del salón” (M5: 88-89; 143).

El resto de los entrevistados visualiza su papel como el de un guía, un conductor que debe lograr una motivación para llegar al aprendizaje; una maestra nos comenta: “[...] voy a preparar el escenario para que ellos aprendan” (M1: 605); y otra más opina: “[...] estoy como acompañante de los chicos en su descubrimiento continuo y totalmente abierta a cualquier posibilidad” (M4: 695-696).

Quienes tienden hacia posturas socio-culturales, sensibles ante la cantidad de información a la que tienen acceso hoy en día los jóvenes, han abandonado la idea clásica del maestro poseedor del conocimiento, como bien afirma uno de ellos (M2):

Tienen un acceso a la información brutal, impactante, que no necesariamente significa que esa información seas capaz de procesarla... es ahí donde entra mucho en juego el papel del maestro... antes el maestro basaba mucho su papel, su dominio, con el conocimiento (M2: 531-533; 540-541), [ahora hay que] trabajar con ellos estrategias, formas de abordar la información, de asimilarla, de reinterpretarla, usando su criterio, juicio, sus intereses, potenciando esas cosas (M2: 544-545) [y, más allá] el papel del maestro como animador del grupo llega a ser claro, como divulgador de la ciencia y un poco como organizador de ideas, de asesorarlos en esta discriminación de información (M2: 608-611).

Todos le dan gran importancia a la preparación docente; el maestro debe estar actualizado y dominar su materia: “Si no, es imposible

que sea un buen maestro porque entonces tiene que pensar en los conocimientos y no en cómo los da” (M6: 185-186).

Sólo uno de ellos hace explícita la necesidad de la colegialidad; el maestro no trabaja solo, debe hacerlo con sus colegas “[...] todos podemos confluir, todos podemos aportar...” (M2: 824-825); sin embargo, como apunta el mismo profesor: “Creo que el peor enemigo de un maestro de ciencias, no nada más aquí, es otro maestro de ciencias; te encuentras compañeros con los que puedes hacer un trabajo pero, en lo general, es un ambiente muy competido, no de colaboración, priva la competencia más que la colaboración” (M2: 141-144).

Otra de las maestras opina, refiriéndose a su asistencia a un curso didáctico-pedagógico: “[...] lo que me enriqueció a mí, fue estar con maestros que están trabajando al mismo nivel y compartir experiencias sobre los temas que estábamos comentando... así, compartir experiencias básicamente, era lo que a mí me interesaba de asistir, no tanto el certificado” (M4: 69-71; 73-74).

Así pues, encontramos actitudes ambiguas en los maestros: en su labor diaria son, en lo general, reticentes a los comentarios de los colegas y a la observación de su práctica; sin embargo, en su proceso de formación, comparten experiencias y buscan el intercambio con esos mismos profesores.

Papel del alumno

En concordancia con el papel asignado al maestro, quienes tienden al conductismo muestran poca credibilidad en la independencia y la capacidad de sus alumnos: “Yo creo que sería difícil para ellos entender una ley... si tú quieres explicar una ley sin partir de una observación, es difícil que el joven la entienda” (M5: 248; 251-252). Se tiene una concepción del alumno como un ente pasivo:

[...] ellos hablan con base en su experiencia, entonces, para que ellos argumenten algo le sería más difícil [...]. Cuando [...] tengan una seguridad de lo que están diciendo, van a poder argumentar, incluso refutar al profesor” (M5: 395-399) y “[...] por más que ellos quieran estudiar independientemente, no lo van a poder hacer” (M5: 201).

No se considera el papel de la creatividad ni de la imaginación de los estudiantes como parte del hacer ciencia. En contraste, la visión de alumno que tienen los maestros orientados hacia el constructivismo y constructivismo socio-cultural es la de un sujeto activo y responsable en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, capaz de cuestionar: “[...] pero ellos tienen que querer aprender... de lo que ellos aprenden, ellos tienen que asumir su responsabilidad” (M1: 608).

En algunos casos, se reconoce que, para que el aprendizaje ocurra, es necesario que la nueva información se relacione a la ya existente: “[...] que diseñen una estrategia para ver si lo que pensaban sucede o no sucede y, si no sucedió, por qué; que lo contrasten con lo que pensaban” (M2: 291-292).

Para los más socio-culturales, el contexto social del aprendizaje, donde todos contribuyen y participan, es de gran importancia: “[...] darles esa libertad de que todo el mundo puede pensar, todo el mundo puede hablar, que hay un respeto, ellos solitos van construyendo y construyendo... y el proceso de enseñanza-aprendizaje se está enriqueciendo mutuamente” (M3: 207-209; 212-213).

Papel del conocimiento previo

Aunque la mayoría de los maestros ha participado en cursos donde la temática de los preconceptos, ideas o conocimiento previos de los alumnos ha debido estar presente, tienen una noción más intuitiva que formal de este concepto.

Los maestros, en general, contrariamente a las teorías de cambio conceptual, hacen hincapié en que deben “convencer” al alumno cuando “está equivocado”:

Si el alumno no está de acuerdo, le digo que dé sus razones... y trato de convencerlo a lo que realmente es lo que estamos viendo. Si no se llega a una convicción [...] yo le diría: “permíteme dar la clase y terminando [...], vamos a ver por qué no”, y darle más detalles o profundizar más en lo que es el tema (M5: 155-160).

Mira, por ejemplo, cuando hablamos de un experimento, uno llegó con toda la idea de hacer una bomba, sí, quería hacer una bomba.

Entonces tú vas viendo, ahí también se reflejan las características que tiene el individuo... los vas viendo —y sobre todo esos trabajos—, vas hablando “mira, esto no tiene caso, por tal cosa, pero tú qué piensas”[...] “pues mira, yo estoy de acuerdo pero en esto no”, como que tú los vas ayudando [...] y luego, créeme que hay niños que me dicen “oye, tienes razón” (M3, 16-26).

En algunos casos, el maestro reconoce la necesidad de vincular conceptos para darles significado: “Lo que pasa es que yo siento que los chicos no pueden tomar un concepto nuevo si no lo relacionan con algo que ya tienen previamente entendido... lo que trato de hacer —conmigo ha funcionado— es que los mismos chicos, en su lenguaje, planteen el significado de lo que están pensando” (M4: 615-616; 644-646).

Estrategias de enseñanza y de aprendizaje

Aunque, en general, los maestros despliegan una gran cantidad y diversidad de estrategias y técnicas de instrucción, observamos que no todas, aunque participativas, promueven la construcción social del conocimiento entre los alumnos. Por otro lado, muchas de ellas se desarrollan más por posibilidades de tiempo y espacio y presiones institucionales que por deseo del profesor.

En algunos casos, el formato de la clase es más expositivo y hay menos interacción, hay que hacer notar que es el que los profesores privilegian pues les ha resultado ante grupos tan numerosos como los que ellos manejan. A pesar de eso y de la presión institucional por el cumplimiento de los objetivos del curso, los maestros están dispuestos a cambiar sus estrategias cuando sea necesario:

[...] definitivamente siempre los voy cambiando [los objetivos], porque depende cómo se esté dando el desarrollo; si definitivamente no se entendió, yo le doy más tiempo y, a los que no tienen tanta importancia, les quito tiempo (M5: 184-186) [y] el profesor puede desviarse un poco y esto va en función de las inquietudes del muchacho (M7: 240).

Otros maestros utilizan técnicas como la resolución de cuestionarios en equipo, trabajos de investigación, prácticas de laboratorio, salidas a campo, discusiones en grupo, organización de periódicos

murales, congresos, concursos de proyectos, etcétera, sin que ello sea signo de que promuevan un aprendizaje significativo mediado socialmente: “[...] y trato de cerrar [la práctica] con una discusión colectiva... discutir con ellos no es fácil, tener una discusión grupal es difícil, no están muy dispuestos a escuchar al otro, están muy acostumbrados a ‘dame la respuesta’” (M2: 385; 404-405).

La mayoría de los maestros nos habla de la necesidad de motivar a los alumnos en diversas formas, ya sea externa: “yo manejo los puntos extras, por ejemplo, si estamos viendo un tema, se los comento y les pido que me expliquen, con sus palabras: ‘a ver, ¿quién me explica con un ejemplo extra?’ [...], si es bueno y convence a los alumnos, le pongo el punto...” (M5: 320-326); o bien, interna: “si tú empiezas a hablarles de algo que les interesa, empiezas a captar toda la intensidad, la observación y la atención de ellos y es el momento bueno, propicio para empezar un tema” (M3: 299-301).

En general, los maestros han ido adaptando sus prácticas tradicionales, tratando de incorporar nuevos enfoques más flexibles, en una especie de ensayo y error a través de su experiencia, probando qué les funciona mejor con los alumnos.

Evaluación del aprendizaje

Al abordar el tema de la evaluación con los maestros, éste demostró ser un punto crítico pues en algunas ocasiones, las prácticas que llevan a cabo contradicen las convicciones de los docentes en otras áreas, o bien, los cursos de capacitación que han tomado. Existen obvias restricciones relacionadas con el calendario escolar, el número de alumnos, los requerimientos institucionales; pero también hay confusión de los propios profesores sobre cómo evaluar el avance y la evolución de los alumnos en el proceso para hacer ajustes progresivos con base en la retroalimentación (evaluación formativa). Generalmente se realiza una calificación sumativa, no se hace uso de la autoevaluación o de la evaluación entre pares. Como nos comenta uno de los profesores entrevistados:

[...] y a mí me gustaría buscar una respuesta de cómo se podría evaluar de otra forma al alumno, me han dicho, de cómo va desarrollándose el alumno en la materia; es muy difícil, aquí, darle seguimiento a cada alumno... lo que nos impide mucho es el sistema, es el número de alumnos [...] a lo mejor eso merma el aprendizaje (M5: 510-514).

Este último punto es una alusión a la disyuntiva entre los requerimientos institucionales y la forma como el profesor cree que se debe evaluar el aprendizaje.

Manejo y planeación de la actividad experimental

La realización de actividades experimentales con los alumnos sigue un patrón que refleja las convicciones de los maestros en cuanto al método científico se refiere. Por ejemplo, en el caso de los que tienden al conductismo, la realización de prácticas es totalmente esquematizada y dirigida por ellos, puesto que su único propósito es demostrar algo que ya se vio en clase:

[...] entonces, dando la explicación de la práctica, ellos trabajan, trabajan en equipo y, bueno, nos basamos directamente en los resultados. Ellos hacen el reporte, te ponen, el objetivo, qué era lo que se buscaba en la práctica, los materiales que se utilizaban, todo el desarrollo y los resultados; todavía no pongo conclusiones, para ellos, serían muy difíciles (M5: 532-534; 547-550).

En el caso de los profesores con tendencia al constructivismo, se distinguen diferentes matices. Por ejemplo, para una de las entrevistadas, hay una fuerte preocupación por contextualizar los contenidos; se plantean, entonces, prácticas con base en experiencias familiares para los jóvenes, aunque, a su juicio, no pueden alcanzar un nivel de análisis profundo: “cuesta mucho trabajo que ellos te saquen una buena conclusión” (M3: 573-574).

Para otro de los profesores, con orientación al constructivismo socio-cultural, la actividad experimental debe ser integral, flexible, encaminada hacia el cambio conceptual:

Tratamos de trabajar no como prácticas aisladas, sino como un conjunto de actividades que te permiten desarrollar un concepto... dejas

que los equipos inicien el trabajo, pero tú tienes que ir de mesa en mesa, explorando qué piensan, qué están haciendo, qué ideas surgen y tratamos de cerrar con una discusión colectiva (M2: 379-381; 382-384).

Para los maestros más reflexivos, al igual que se experimenta en el nivel de estrategias de enseñanza, se trata de ir incorporando en las actividades del laboratorio los nuevos enfoques y experiencias que surgen de la reflexión en los cursos y de la propia práctica, buscando alternativas:

[...] hacemos la práctica de laboratorio que te da una idea clara de lo que está pensando el chico en cuanto al concepto que estás queriendo manejar... algunas las tomo de algunos textos que ya estaban acondicionadas al material que tenemos y, otras las dejo muy libres, les digo: “el tema es éste y ustedes van a diseñar un experimento” (M4: 174-177; 376-378).

Sin embargo, en todos los casos, los maestros tienen poca confianza en el nivel de análisis al que pueden llegar sus alumnos; la mayoría se queja del tipo de conclusiones que expresan en los reportes de las prácticas de laboratorio o de la dificultad de entablar una discusión y reflexión en grupo. Sólo en algunos casos, esto es motivo de un replanteamiento de la actividad experimental, mientras que para la mayoría, es un problema del nivel escolar y se espera que, al avanzar en el sistema, los alumnos vayan adquiriendo un mayor poder argumentativo y reflexivo.

Discusión

En general, se puede decir que los maestros no son conscientes de sus concepciones y que, además, éstas permanecen estables a pesar de la subsecuente formación para la docencia.

El presente estudio no mostró evidencia que sustente una relación entre las posturas epistemológica y sobre el aprendizaje de las ciencias. Las aparentes contradicciones entre ellas se explican a partir de la falta de conciencia de las mismas: no hay reflexión ni revisión, por parte de los maestros, de sus propios marcos de referencia. Las entrevistas realizadas a aquellos que tienden al empirismo en lo

epistemológico y al constructivismo en la dimensión de aprendizaje, revelan un incipiente proceso de reflexión y metaobservación que lleva a los docentes a confrontar su visión empírica de la ciencia ante un proceso de aprendizaje de sus alumnos que parece apegarse a los principios de la postura constructivista. La oportunidad y calidad de esta reflexión parece ser la diferencia entre estos docentes y aquellos que tienden al constructivismo, en lo que toca a la naturaleza de la ciencia, y al constructivismo socio-cultural, en su aprendizaje.

Los resultados sugieren que la formación docente debe atender a los diferentes orígenes profesionales de los docentes y procurar confrontar sus ideas sobre la naturaleza de la ciencia. Para ello, es conveniente que los cursos generen espacios para la reflexión y el intercambio con otros colegas y que fomenten el desarrollo de habilidades de metaobservación que, a su vez, promuevan la reflexión sistemática sobre la propia práctica.

La presente investigación plantea interrogantes sobre el contexto institucional, el cual establece ciertas limitaciones o da amplias libertades a los maestros, lo que lleva a preguntarse si hay profesores que pudieran sostener las mismas concepciones de aprendizaje fuera del marco institucional que les cobija.

Cabe mencionar que el presente estudio está basado en la auto-percepción del maestro, por lo que se sugiere que futuras investigaciones realicen, en forma adicional, observaciones en el aula que permitan entender cómo se manifiestan las concepciones en el proceso de enseñanza.

También se considera necesario explorar la influencia que las concepciones de los docentes puedan tener sobre los procesos de aprendizaje de los alumnos, puesto que dentro del aula ambas —las del maestro y las del estudiante— interactúan en forma aún desconocida y poco estudiada.

Por último, no es suficiente rediseñar los cursos de actualización de los docentes, si no se realizan estudios que informen acerca de su viabilidad y efectividad. Sólo de esta manera se podrá integrar un

cuerpo de conocimientos sólido que permita entender mejor la construcción del conocimiento científico y mejorar sus procesos de enseñanza.

Notas

- ¹ En esta dimensión nos interesa explorar las concepciones que tienen los maestros sobre cómo aprenden los alumnos y cómo integran los conocimientos científicos. Como la investigación original incluía la observación en el aula y ésta no pudo realizarse, se consideró conveniente incluir en este rubro algunas categorías relacionadas con la forma en que los maestros conceptualizan su práctica y el papel de los actores en esta actividad, elementos que contribuyeron a obtener las representaciones que los profesores tienen sobre el proceso de enseñanza.
- ² Los resultados del cuestionario aplicado al total de profesores pueden ser consultados en el trabajo de tesis de grado de Carvajal y Gómez Vallarta (2001).
- ³ En esta última dimensión se incluyen categorías que buscan explorar también las representaciones que sostienen los profesores sobre el proceso de enseñanza de las ciencias.

Referencias bibliográficas

Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. (1999). "Success of the attempts to improve science teacher's conceptions of nature of science: a review of the literature", en <http://www.cilea.it/volta99>, ponencia presentada en la conferencia Ciencia como cultura, en el bicentenario de la invención de la batería por A. Volta, Como, It., 15-19 de septiembre.

Abell, S.K. y Smith, D.C. (1994). "What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science", en *International Journal of Science Education*, vol. 16, núm. 4, pp. 475-487.

Flores, F; López, A.; Gallegos, L y Barojas, J. (2000). "Transforming science and learning concepts of physics teachers", en *International Journal of Science Education*, vol. 22, núm. 2, pp. 197-208.

Brickhouse, N. (1990). "Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice", en *Journal of Teacher Education*, vol. 41, núm. 3, pp. 53-62.

Carvajal, E. y Gómez, R. (2001). "Descripción y categorización de las concepciones epistemológicas y de aprendizaje de los profesores de ciencias en el nivel medio y medio superior", tesis de maestría, no publicada, Universidad Iberoamericana.

Chen, C.C.; Taylor, P.C. y Aldridge, J.M. (1997). "Development of a questionnaire for assessing teachers' beliefs about science and science teaching in Taiwan and Australia", ponencia presentada en la reunión anual de la National Association for Research in Science Teaching, Oak Brook, IL, EUA, 21-24 de marzo.

Guo, Ch. y Hsu, M. (1999). "Science teachers' views on philosophy of science", en <http://www.cilea.it/volta99>, ponencia presentada en la conferencia Ciencia como cultura, en el bicentenario de la invención de la batería por A. Volta, Como, It., 15-19 de septiembre.

Hashweb, M.Z. (1996). "Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching", en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, núm. 1, pp. 47-63.

Laplante, B. (1997). "Teachers' beliefs and instructional strategies in science: pushing analysis further", en *Science Education*, vol. 81, núm. 3, pp. 277-94.

Lederman, N. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research", en *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 29, pp. 331-359.

Pajares, M.F. (1992). "Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct", en *Review of Educational Research*, vol. 62, núm. 3, pp. 307-332.

Pomeroy, D. (1993). "Implications of teacher's beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers", en *Science Education*, vol. 77, núm. 3, pp. 261-278.

Tobin K. y McRobbie, C.J. (1997). "Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum", en *Science and Education*, núm. 6, pp. 355-371.

CARVAJAL E y GÓMEZ MR

Yerrick, R; Parke, H. y Nugent, J. (1997). "Struggling to promote deeply rooted change: the "filtering effect" of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science", en *Science Education*, vol. 81, núm. 2, pp.137-159.

Recepción del artículo: 20 de julio de 2001

Aceptado: 12 de agosto de 2002