



Para citar este artículo, le recomendamos el siguiente formato:

Barona, C., Verjovsky, J., Moreno, M. y Lessard, C. (2004). La concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC) de un grupo de docentes inmersos en un programa universitario de formación profesional en ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 6 (2). Consultado el día de mes de año en:

<http://redie.uabc.mx/vol6no2/contenido-barona.html>

Revista Electrónica de Investigación Educativa

Vol. 6, No. 2, 2004

La concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC) de un grupo de docentes inmersos en un programa de formación profesional en ciencias

The Views on the Nature of Science (NOS) of a Group of Teachers in a Teacher's Education Program in Science

César Barona Ríos

cebar63@yahoo.com.mx

Facultad de Psicología

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Av. Universidad 1001

Col. Chamilpa, 62210

Cuernavaca, Morelos, México

Janet Paul de Verjovsky

janet_verjovsky@yahoo.com

Departamento de Investigaciones Educativas

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

Instituto Politécnico Nacional

Calzada Tenorios 235

Col. Granjas Coapa, 14330

México, D. F., México

Marcela Moreno Ruiz
jossru@hotmail.com
Escuela de Enfermería
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Calle Pico de Orizaba No. 2
Col. Los Volcanes, 62350
Cuernavaca, Morelos, México.

Claude Lessard
claude.lessard@umontreal.ca
LABRIPROF-CRIFPE
Faculté des sciences de l'éducation
Université de Montréal

6128 Succursale Centre Ville H3C 3J7
Montreal, Quebec, Canadá

(Recibido: 14 de noviembre de 2003; aceptado para su publicación: 14 de junio de 2004)

Resumen

Este trabajo muestra cómo un grupo de docentes del área de ciencias inmersos en un programa de formación –la Maestría en Enseñanza de las Ciencias (MEC) de una universidad estatal mexicana– modificaron sus perfiles iniciales acerca de la concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC). La información empírica, recogida en diferentes momentos de los dos años de duración de la MEC, proviene de un grupo único de 11 docentes, quienes enseñan materias científicas, principalmente, en escuelas de educación media superior. Los resultados en este primer recorte de investigación, muestran que la MEC mejora los perfiles iniciales incoherentes de la CNC del grupo de docentes, al adoptar un patrón de grupo que tiende hacia el relativismo. Se discuten las dificultades de reducir la CNC a un modelo técnico de la organización del contenido. Se aborda también una línea de interpretación que se refiere a la alfabetización científica de los docentes.

Palabras clave: Concepción de la naturaleza de la ciencia, formación del profesorado, cambio de percepción.

Abstract

This paper presents evidence of how a group of science teachers in a university graduate program –a Masters in Science Teaching (MST)– modified their initial profiles concerning their views on the nature of science (NOS). The empirical information, collected at different moments during the two years of the MST, comes from a single group of 11 teachers who taught scientific subjects, mainly in high schools affiliated to the state university that offered the Masters program. The results, in this first portion of the research project, indicate that the MST improved the initially incoherent profiles of the group of teachers as

the overall pattern of the group shifted towards relativism. We discuss the difficulties of reducing the NOS to a technical model of content organization. We also indicate a line of interpretation connected to the scientific literacy of the teachers.

Key words: Scientific literacy, teacher education, adoption (ideas).

Introducción

Investigaciones recientes destacan el escaso impacto de los cursos organizados periódicamente por las instituciones educativas para la preparación de sus docentes. Una vez que los cursos finalizan los docentes retoman sus antiguas prácticas.¹ Algunas universidades mexicanas han abierto programas de formación docente con una mejor articulación, por ejemplo, la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Nuevo León (México), programa que se imparte también en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (México), institución donde se inscribe la experiencia de formación que nos ocupa.

El problema inicial que enfrentamos fue la falta de información para valorar el impacto de programas de formación docente que han superado los cursos aislados y han logrado articular la formación pedagógica y la preparación disciplinaria en una maestría. Esta situación es nuestro objeto de investigación, pero desde una posición alternativa, que vaya más allá de los criterios objetivistas de acumulación de las reglas y los procedimientos de las disciplinas científicas.

Dentro de las opciones alternativas a este objetivismo disciplinario sobresale el constructivismo, una tendencia de estudio que vincula a los estudios de Piaget y reconoce el aprendizaje de los alumnos como el fundamento de la apropiación de los contenidos de la enseñanza. Recientemente, el aprendizaje de los docentes (por ejemplo, el estudio de las creencias) también ha llamado la atención como objeto de investigación. Una de sus vertientes de estudio es la concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC). Sin embargo, aún los estudios constructivistas para el estudio de la formación docente, como la CNC, no están libres del objetivismo.

Con cierta precaución, podríamos afirmar que la mayoría de los cursos de formación para docentes de enseñanza media superior, independientemente de su orientación (actualización disciplinaria, filosofía, psicopedagogía, entre otros), se sustentan en una concepción de la formación como un problema de actualización curricular y metodologías, pero evitan la discusión acerca de los fundamentos pedagógicos y epistemológicos.

El objetivo de investigación de la etapa que aquí se reporta fue analizar los cambios propiciados en la CNC de un grupo de docentes inmersos en la MEC, señalar las dificultades de vincular la CNC con la organización del contenido para fines de enseñanza-aprendizaje y ofrecer una posible vía de interpretación que se

articule con las exigencias técnicas de la práctica, sin perder de vista la dimensión regulativa o epistemológica de la CNC (ver Figura 1).

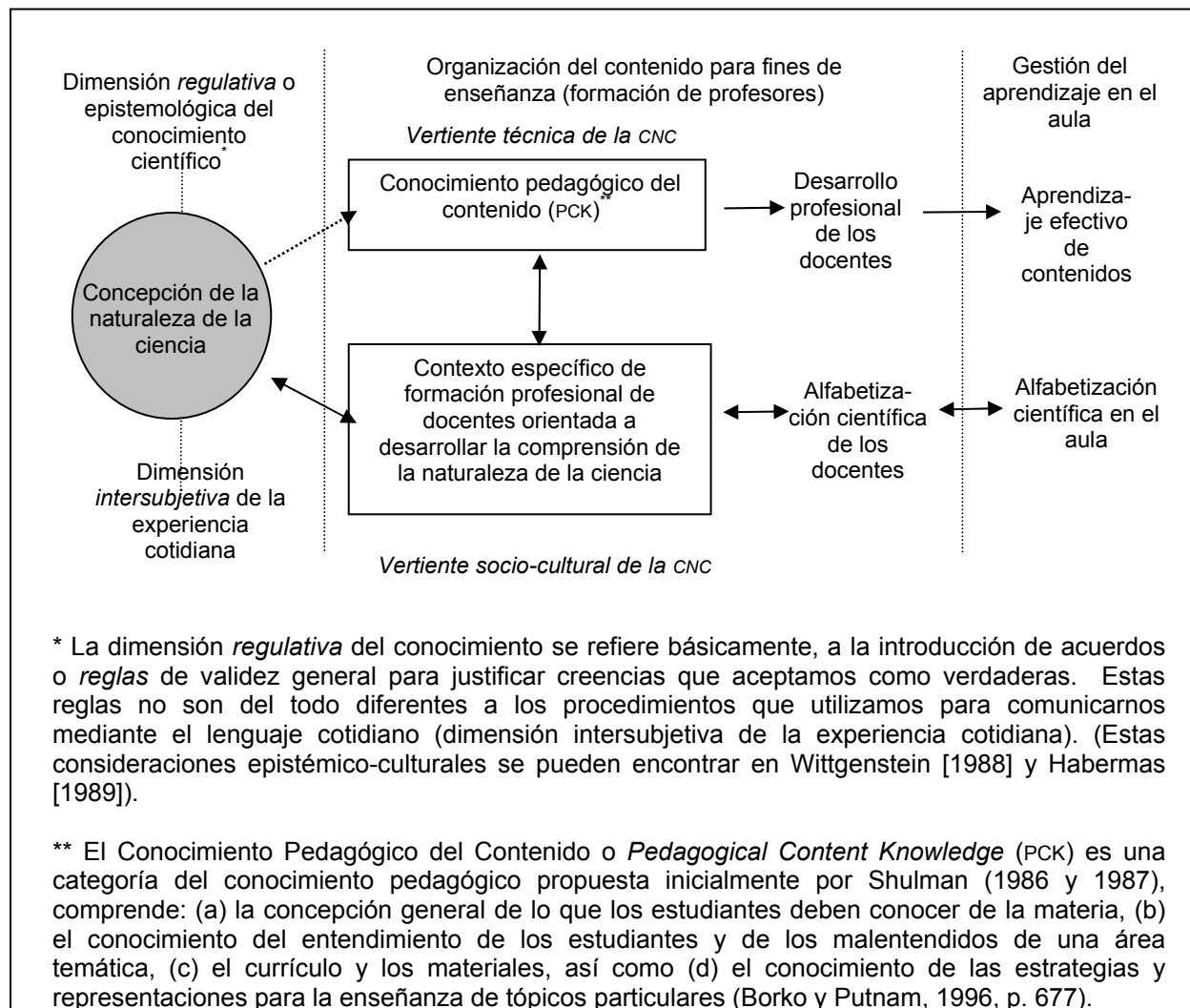


Figura 1. La CNC y dos vertientes teórico-metodológicas de su estudio en los docentes: perspectiva técnica y perspectiva socio-cultural

En México este tipo de estudios son escasos, por lo que este trabajo contribuye a la investigación educativa al aportar elementos para valorar el impacto de un programa de formación que integra el aspecto disciplinario y el pedagógico, desde la posición de la CNC. Contribuye también en señalar que el tópico de la alfabetización científica, inherente a la dimensión regulativa o epistemológica de la CNC, no se vincula directamente con el conocimiento del contenido y requiere mayor atención en los programas de formación de los docentes del área respectiva.

En el apartado teórico presentamos los argumentos sobre la CNC en la línea de los docentes, destacando dos posibles vías de conexión: una de orientación técnica y otra cultural. En el apartado metodológico presentamos los criterios que hemos seguido para explorar la CNC en el grupo de docentes inmersos en la MEC. En la sección de resultados mostramos los cambios en la CNC del grupo de docentes en formación y discutimos las vías de interpretación anotadas en el apartado teórico. Para cerrar, señalamos las implicaciones para la formación profesional de los docentes y la investigación futura en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

I. La concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC)

En la revisión de Lederman (citado en Mellado, 1998) realizada a principios de los noventa, destaca una amplia variedad de estudios sobre la CNC, varios de ellos inspirados en el paradigma de investigación proceso-producto. Cabe señalar que este modelo prevaleció en los años setenta en el contexto de la investigación educativa americana, su pretensión básica fue analizar el proceso educativo como un sistema de información independiente de la apropiación intersubjetiva de los sujetos. Este paradigma empezó a perder terreno con el surgimiento de las ciencias cognitivas y la investigación etnometodológica en los años ochenta, y con el desarrollo del paradigma de los docentes, en la década de los noventa (Gauthier, Desbiens, Malo, Martineau y Smard, 1997). En esa misma revisión Lederman reconoce dos grandes líneas de estudio sobre la CNC: una dirigida hacia los problemas curriculares y otra hacia los docentes. Acerca de estos últimos, comentaremos algunos estudios.

Para fines de exposición presentamos un grupo de investigaciones cuyo interés central ha sido la integración de la CNC en la organización del contenido (vertiente técnica). También presentamos otros estudios que abordan la CNC incorporando los factores intersubjetivos dentro de sus categorías (vertiente socio-cultural). Estas líneas de estudio conllevan interpretaciones diferentes de los resultados de la CNC de los docentes e implicaciones importantes para la formación profesional de los mismos.

1.1. La CNC de los docentes en la vertiente técnica

Emma Carvajal y Rocío Gómez (2002) analizaron las concepciones de la ciencia y del aprendizaje de maestros de educación secundaria y de bachillerato en México. Entrevistaron a siete maestros seleccionados de una muestra más amplia de 66 sujetos. Las autoras concluyeron que los siete maestros reflexionan poco sobre los aspectos culturales, éticos y filosóficos de la ciencia. Además, no parece haber una relación consistente con la concepción del aprendizaje. En sus recomendaciones, las autoras abogan por confrontar las ideas sobre la naturaleza de la ciencia.

Ángel López, Fernando Flores y Leticia Gallegos (2000) analizaron las concepciones de la ciencia y del aprendizaje de un grupo de 12 docentes del

Colegio de Bachilleres² inmersos en la especialidad en Docencia de Física. Ellos determinaron las concepciones de la ciencia y del aprendizaje mediante cuestionarios estructurados y concluyeron que los docentes muestran un cambio al pasar de concepciones científicas tradicionales a concepciones constructivistas, aunque esto es menos evidente en el ámbito del aprendizaje, en particular cuando se asocia con situaciones de la práctica en el aula. Los autores distinguen dos categorías de la concepción de los docentes: la de ciencia y la del aprendizaje, y dos dimensiones de integración: la teoría y la práctica.

Abd-El-Khalick y BouJaoude (1997) hicieron una distinción entre alta y baja alfabetización (*literacy*) científica. Ellos exploraron los perfiles de docentes de secundaria de Física, Química y Biología, y obtuvieron los perfiles de la CNC después de administrar una parte del cuestionario *Views of Science-Technology-Society* (VOSTS) diseñado por Aikenhead (1992). Los perfiles se adhieren, por una parte, a un patrón variable de la CNC, por la otra, no se relacionan con situaciones de aprendizaje significativo en la vida cotidiana.

Tobin y Campbell (1997) reportaron también un patrón variable de la CNC de un docente del área de Química, que determinaron mediante un cuestionario. Pero al explorarla a través de la narración del docente y de sus estudiantes en el escenario del salón de clases, encontraron que la concepción de ambas partes era similar; tanto el docente como sus alumnos asumían el contenido del curso de Química como una actividad orientada hacia el aprendizaje de definiciones, lo cual revela, en última instancia, un patrón compartido tradicional de enseñanza y aprendizaje.

Por su parte Mellado (1998) encontró que las concepciones de la naturaleza de la ciencia del grupo de maestros con quienes realizó su investigación, presentaban posiciones variables y sin aparente relación con el comportamiento descrito mediante procedimientos cualitativos (cuestionarios, entrevistas y triangulación de información con los docentes), en secuencias de aprendizaje en el salón de clases. La docente con la concepción más “positivista” del estudio era, a la vez, la más “constructivista” en cuanto al aprendizaje. El docente con la concepción más “relativista” seguía un modelo de enseñanza tradicional transmisivo (Mellado, 1998, p. 1103).

Como se puede observar, los tres primeros grupos de autores determinaron la CNC bajo la forma de conocimiento pasivo, a través de entrevistas y cuestionarios estructurados, lo cual dificulta establecer una relación entre una concepción proposicional (lo manifiesto) y su “encarnación” en la práctica del aula (lo latente). En cambio, Tobin y Campbell (1997) igual que Mellado (1998), revisan la CNC puesta en práctica en la actividad del aula y muestran la ventaja de utilizar procedimientos cualitativos, sobre todo de tipo narrativo, para precisar la CNC en la práctica.

La mayoría de estos autores reconoce que es importante trabajar en la CNC durante la formación de los docentes porque mejora su comprensión de la ciencia.

A pesar de ello, no se define si la CNC debe plantearse dentro del eje de la teoría o de la práctica; esto debido, entre otras cosas, a que la práctica de la formación docente se entiende como actividad de aprendizaje individual y a una pretensión objetivista de reducir los principios regulativos del acuerdo (fundamento de la epistemología) a procesos explicativos.

1.2. La CNC de los docentes en la vertiente socio-cultural

Recientemente, se han publicado nuevos estudios que ayudan a explicar por qué a pesar de fomentar metodologías constructivistas, de mejorar la competencia en el conocimiento del contenido y de introducir innovaciones tecnológicas, la enseñanza –es decir, la práctica de los docentes– reproduce lo que Smolicz y Nunan (en Cobern, 2000, p. 233) llaman el *mito de la escuela de ciencias*; esto es, una visión científica caracterizada por el realismo clásico, el materialismo filosófico, la objetividad estricta y el método hipotético-deductivo.

Los autores citados en la sección previa plantean el problema de la disociación entre la teoría y la práctica: los profesores dicen una cosa y hacen otra muy diferente (López, Flores y Gallegos, 2000). Algunos de ellos reconocen también una disociación entre el *conocimiento pasivo* y el *conocimiento dinámico* (Mellado, 1998).

En nuestra opinión el problema de la persistencia del tradicionalismo rebasa el marco técnico, porque existe la posibilidad de que una mayor competencia en el conocimiento del contenido (una manera genérica de referirnos al *conocimiento pedagógico del contenido*) no se traduzca en una mejor comprensión de la *naturaleza de la ciencia*. La razón es que esto implicaría reconocer la dimensión regulativa de los acuerdos en la estructura del conocimiento del contenido. La dificultad de dar marcha atrás ha orillado a revisar la racionalidad de los modelos de la vertiente técnica de la enseñanza de las ciencias, permitiendo la argumentación de la vertiente cultural de la CNC.

Para el enfoque cultural, el propósito de la CNC es considerar la relación intrínseca ciencia-cultura (en lo social) y conocimiento-creencias (en lo individual). La relación teoría-práctica se establece como competencia comunicativa, de ahí la importancia atribuida a la *alfabetización (literacy)* científica (incluyendo a las tecnologías de información y comunicación).³ La fuerza de la perspectiva cultural –en nuestra opinión– es que introduce, desde un inicio, la dimensión intersubjetiva como parte de la estructura del conocimiento y evita tener que justificar el problema epistemológico de la separación entre teoría y práctica.

Para la vertiente sociocultural de la CNC el conocimiento del contenido de la ciencia es construido dentro de determinados límites sociales, históricos y culturales (*relativismo*), distanciándose del *modernismo* de la ciencia prevaleciente en el siglo XIX y mediados del siglo XX (Mathews, 1998; Cobern, 1993; Arnay, 1997; Taylor, 1998). De acuerdo con esta vertiente, la CNC es un campo fértil que mezcla aspectos de varios estudios sociales, como: historia, sociología y filosofía

de la ciencia; combinados con investigación de las ciencias cognitivas –por ejemplo la Psicología– en una rica descripción de la ciencia, de la forma en que trabajan y operan los científicos como grupo social y de cómo la sociedad misma dirige y reacciona ante los esfuerzos científicos (McComas, Clough y Almazroa, 2000, p. 4).

Una razón para revalorar el tema de la CNC es que mientras el conocimiento del contenido de la ciencia, es decir, el conocimiento científico organizado para fines de enseñanza y aprendizaje puede no ser necesario para mejorar la *alfabetización* científica, el entendimiento de la naturaleza de la ciencia sí es un prerrequisito para dicha alfabetización (Shamos citado en McComas et al., 2000, p. 9). En el caso de los docentes, se ha documentado que la presentación de contenidos sobre la CNC, medidos con diferentes instrumentos (entre otros, el Wisconsin Inventory Science Process [WISP] y el Nature of Science Test [NOST]) al inicio y al término de la formación, muestran una correlación positiva (McComas et al., 2000, pp. 27-28). La Figura 1 sintetiza la ubicación de la CNC y las dos vías teórico-metodológicas que nos sirven de guía para valorar los cambios en la CNC de un grupo de docentes.

II. Metodología

2.1. La Maestría en enseñanza de las ciencias (MEC)

Entre 1999 y 2001 se implementó en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEMOR), en México, un programa para la formación de profesores de enseñanza media superior en servicio: la Maestría en Enseñanza de las Ciencias (MEC). El programa se impulsó como parte de la reforma del plan de estudios del bachillerato de la UAEMOR, el cual se puso en marcha entre otras razones por los bajos índices de aprovechamiento de los estudiantes de educación media superior, en particular en el área científica, revelados en los resultados de los exámenes aplicados por la Universidad (UAEMOR, 1996).

La MEC se dirigió, principalmente, a profesores del área de ciencias (Física, Química y Biología) titulares de asignaturas. El programa fue coordinado por una unidad académica (la Unidad de Matemática Educativa perteneciente al Instituto de Ciencias de la Educación) en la que confluyeron profesores de las áreas científicas y del área educativa. Con él se pretendió articular la formación en la disciplina y la preparación pedagógica. Se implementó, con algunas modificaciones, siguiendo el modelo de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

La maestría se organizó en 8 trimestres, con un bloque de asignaturas comunes (Teorías del Aprendizaje, del Desarrollo Intelectual y de la Personalidad, Didáctica General, Evaluación, Desarrollo de Proyectos en la Enseñanza de las Ciencias), una materia optativa de un grupo de tres (Ciencia y Sociedad en el siglo XX, Educación y Recursos Humanos en las Sociedades Industriales o Psicología

Cognitiva) y un seminario de investigación. La MEC se organizó en tres bloques curriculares específicos: Biología, Física y Química.

El curso en el que se introdujo el tema epistemológico es el Seminario de Desarrollo de proyectos, en el módulo introductorio denominado *La ciencia, el método y el cambio científico*. Se dedicaron aproximadamente 10 horas de un total de 40 del Seminario, durante las cuales se abarcaron los temas: *El método en las ciencias*, *La estructura de las revoluciones científicas* (Thomas S. Kuhn), *Los programas de investigación* (Imre Lakatos), *La continuidad de la investigación* (Stephen Toulmin), *La concepción epistemológica de Karl Popper* y *La concepción epistemológica de David Hull*. La lectura de base fue *El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo* de Rosaura Ruiz y Francisco J. Ayala, publicado en 1998 en México por el Fondo de Cultura Económica.

2.2. Los docentes de la MEC y los docentes pares

El grupo de la MEC se integró por 11 docentes en servicio, 9 de enseñanza media superior y 2 de licenciatura. Del número total, 5 pertenecen al área de Biología, 5 al área de Química y 1 al área de Física; 7 eran mujeres y 4 hombres, en edades de entre 34 y 59 años. Dos profesores eran biólogos, tres ingenieros químicos, tres normalistas (uno en Biología y dos en Físico-Química), un químico industrial, un cirujano dentista y un médico cirujano. Los años de experiencia de los profesores se ubicaron entre 6 y 33 años. Sólo uno tenía nombramiento de profesor de tiempo completo y los demás eran profesores por horas.

El grupo de pares externo a la MEC se formó de 12 docentes invitados por los propios profesores inscritos en la maestría, con la condición de que laborasen en el mismo establecimiento. Sin embargo, no se recogió información individual de ellos.

2.3. Estrategia de análisis e instrumento de recolección de información

La investigación de la experiencia de formación con un grupo de docentes fue posterior a la conformación de la MEC. Ello ayudó a resolver el problema de muestreo, pero persistía el problema de la validez de las observaciones. Un grupo de 11 docentes no es representativo de una población de alrededor de 500 profesores de enseñanza media superior en la universidad donde se realizó el estudio. Por este motivo optamos por el procedimiento cualitativo del *estudio de caso*, el cual se define como “el estudio del ejemplo en la acción” (Walker citado en Mellado, 1998, p. 1098). Para Shulman (citado en Montero, 2001), el estudio de caso se refiere al aprendizaje por experiencia: viendo cómo enseñan otros docentes, superando el eje de la teoría y la práctica.⁴ Nuestro ejemplo es un grupo de profesores en formación y constituye la base de información general del proyecto; pero fue necesario hacer recortes. Cada recorte requirió diferentes instrumentos. Para este artículo nos concretamos a analizar la CNC (ver Figura 2) mediante un cuestionario estructurado.

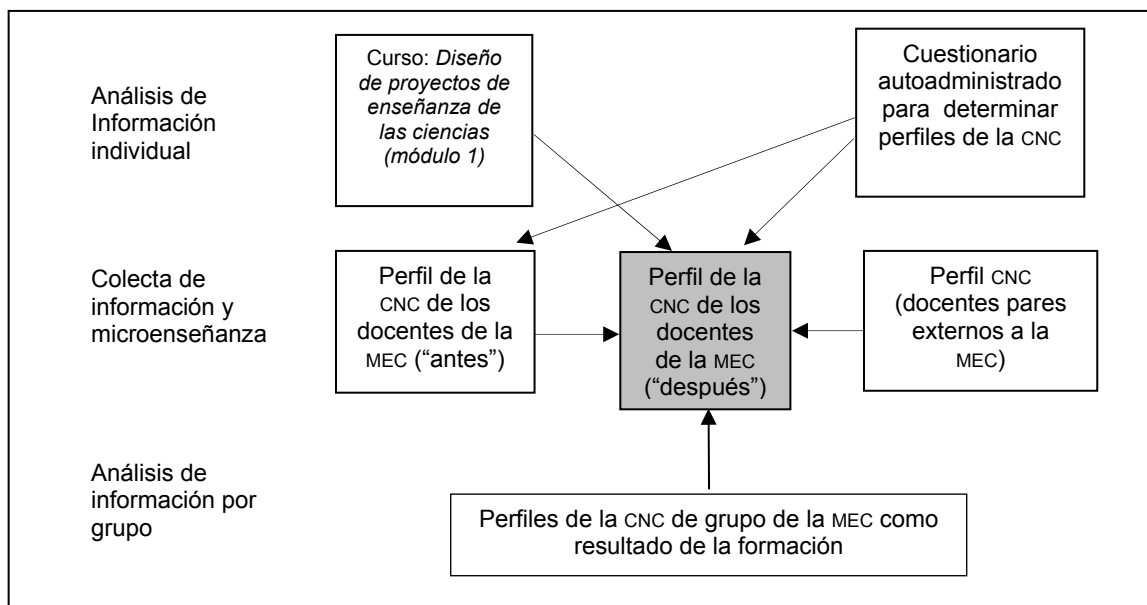


Figura 2. Esquema para explorar la concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC) en docentes en formación, en dos momentos (*antes* y *después*), y en docentes pares externos a la MEC mediante un cuestionario autoadministrado

La información se obtuvo en la etapa inicial de la MEC (en el año 2000) y después de que se impartió el módulo con información epistemológica (a mediados de 2001). Para determinar el perfil de la naturaleza de la ciencia, los datos fueron recogidos mediante un cuestionario autoadministrado, cuyo diseño se retomó de Nott y Wellington (citados en Monk y Dillon, 1996). Este instrumento constó de 24 enunciados y una escala de actitudes con valores entre -5 (muy en desacuerdo), 0 (balanceada) y +5 (muy de acuerdo). Nott y Wellington (2000) recomiendan que, aunque los perfiles se presenten en escalas, su intención es fomentar la autorreflexión sobre las posiciones por parte de los docentes en el contexto de la formación. Para nosotros esto significa la formación en el programa de la MEC, el diálogo con los docentes en el Seminario y su expresión en la CNC. Para vincular los perfiles de los docentes con escenarios de la práctica dentro del salón de clases, estos autores diseñaron una metodología complementaria de *incidentes críticos* y de *ejemplificaciones* de la CNC en el aula. Sin embargo, estos dos aspectos quedaron fuera del objetivo de nuestra investigación.

Los valores de los enunciados se vaciaron en una tabla ajustada de cinco ejes que corresponden a posiciones epistemológicas extraídas de varias tradiciones intelectuales de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia: relativismo/positivismo (R/P), inductivismo/deductivismo (I/D), contextualismo/decontextualismo (C/D), impulsado por el proceso/impulsado por el contenido (P/C), instrumentalismo/realismo (I/R). El cuestionario proporciona también las definiciones de las posiciones epistemológicas (ver Anexo 1). En este trabajo presentamos una reinterpretación de datos analizados en dos trabajos previos

(Barona y Verjovsky, 2001; Barona, Verjovsky y Lessard, 2003), pero de manera más profunda y con otros elementos de análisis.

III. Resultados y discusión

¿Cuál es la CNC de los docentes durante la formación en el contexto de la MEC? En la primera autoadministración del cuestionario, cuando los docentes recién ingresaron a la maestría, no se observó un patrón de posiciones. Los perfiles del grupo se caracterizan por una falta de reflexión sobre la CNC.

Un año más tarde, realizamos una segunda administración del cuestionario, aprovechando que los profesores finalizaban el Seminario de Desarrollo de Proyectos, cuyo primer módulo proporcionó información epistemológica. Así, pudimos comparar los perfiles en dos momentos (*antes* y *después* de recibir información epistemológica).

Los resultados de la segunda administración muestran que el perfil de seis de los docentes (54.5%) corresponde a un patrón variable de la CNC. En cuatro casos (36%) los perfiles de los docentes son coherentes, o mejora el grado de coherencia, respecto a la primera administración. En 63% de los docentes se reconoce un patrón de perfiles desplazado hacia el *relativismo* (Tabla I).

Tabla I. La CNC de docentes en servicio “antes” y “después” de recibir información epistemológica

Docente	Primera autoadministración (sin formación sobre teoría de la ciencia)	Segunda autoadministración (con información epistemológica)	Perfil individual de la CNC
1	Inductivismo	Decontextualismo	Patrón variable
2	Contextualismo Relativismo	Relativismo	Define coherencia
3	Proceso	Relativismo	Patrón variable
4	Positivismo	Relativismo	Mejora coherencia
5	Relativismo	Relativismo	Afirma coherencia
6	Instrumentalismo	Proceso	Patrón variable
7	Relativismo	Proceso	Patrón variable
8	Contextualismo	Instrumentalismo Relativismo	Patrón variable
9	Proceso Relativismo	Proceso	Coherencia
10	Contextualismo	Relativismo	Patrón variable
11	No aplicó	Relativismo	
Perfil grupal de la CNC	No se reconoce un patrón de grupo	Patrón de grupo desplazado hacia el relativismo	

Como resultado de la formación epistemológica recibida, en la segunda administración del cuestionario para determinar la CNC se observó que en algunos casos se modificó la coherencia y, en general, la formación coadyuvó a la constitución de un patrón de posiciones. Después de recibir la información epistemológica, la mayoría de los docentes del grupo de la MEC se adscribió al *relativismo*. En el ámbito de la enseñanza de las ciencias éste puede considerarse como un tipo de *constructivismo*. Este cambio es consistente con los resultados reportados por López, Flores y Gallegos (2000) en las concepciones de la ciencia de un grupo de docentes del Colegio de Bachilleres en México, que ellos determinan con cuestionarios estructurados.

Para contrastar el ambiente de la MEC con el ambiente sin intervención, solicitamos a cada docente adscrito al programa que proporcionara el cuestionario a un docente par no adscrito y, preferentemente, de su mismo lugar de trabajo. Los resultados de los docentes externos son similares a la primera autoadministración de los docentes de la MEC, no se reconoce un patrón coherente de posiciones: De los perfiles de los 12 profesores externos, 5 se ubican en el decontextualismo, 3 en la posición de proceso, 3 son relativistas y 1 inductivista.

El cambio de posiciones epistemológicas del grupo de la MEC, contrastado con la primera autoadministración del cuestionario y con el grupo de docentes pares, sugiere que hay influencia de la formación universitaria. Las posiciones se desplazan hacia el constructivismo, lo cual indica que la información epistemológica ayuda a clarificar la pobreza de las concepciones en las condiciones iniciales del grupo y en las condiciones normales de sus lugares de trabajo, detectadas mediante los perfiles de los docentes externos a la MEC.

Para los estudios de la vertiente técnica, la CNC es un factor importante en la cultura de los docentes, pero no necesariamente para la obtención de resultados de aprendizaje del contenido de la enseñanza. Esta consideración se encuentra en el trabajo de Abd-El-Khalick y BouJaoude (1997); también se señala en el marco analítico del estudio de Carvajal y Gómez (2002). Sin embargo, la CNC queda supeditada a la integración del conocimiento del contenido y la efectividad del aprendizaje.

Si la relación que se espera se ubica exclusivamente en el eje que va de la teoría a la práctica, o viceversa, se pierden mediaciones importantes. Las relaciones en la ciencia y su enseñanza, por la línea socio-cultural, pueden plantearse también como formas determinadas de representación. El cambio de los perfiles iniciales de la CNC a un patrón con cierta consistencia más que una transformación teórica, es un paso de una forma de entender determinadas proposiciones a otra manera de entender esas mismas proposiciones. Los docentes aprenden a expresar mejor sus ideas cuando tienen la oportunidad de leer y dialogar con sus colegas el sentido de las proposiciones de un cuestionario. El perfil de la CNC no se relaciona directamente con el desarrollo del conocimiento del contenido, sino con la alfabetización científica. En nuestra opinión, el sentido básico de la alfabetización

científica es entender el significado de un lenguaje en un contexto determinado de uso.

IV. Implicaciones para la formación de los docentes y prospectiva de la investigación

La evidencia recogida de lo que ocurre con la apropiación del conocimiento por parte de los docentes en la experiencia de la MEC, en las experiencias documentadas de formación de profesores (como la del Colegio de Bachilleres) y en la amplia bibliografía en el ámbito internacional, nos permite ver que los programas de formación mejor articulados y asociados a programas de posgrado formales, modifican positivamente las concepciones iniciales de los docentes.

La revisión de la literatura en el campo de la enseñanza de las ciencias, corroborada con la información empírica en la formación dentro de la MEC, indica que dicho programa modifica la CNC; un cambio que sugiere cierta competencia comunicativa para dar sentido a las proposiciones de un cuestionario, en un contexto específico de formación de microenseñanza. Este aspecto puede ser apuntalado en un seminario *ad hoc* articulado a la formación de los docentes. Nosotros exploramos la CNC en dos momentos y solamente con un módulo de microenseñanza que proporciona un panorama de la epistemología dentro de un seminario de diseño de proyectos.

Debido a los límites de nuestro objetivo de investigación dejamos de lado un seguimiento de la CNC en el escenario de la práctica cotidiana a través de metodologías cualitativas. Los docentes con una nueva posición coherente podrían mejorar la *alfabetización científica* de sus estudiantes; aunque este aspecto necesitaría explorarse de manera específica para su constatación, en relación con la comprensión de determinadas proposiciones sobre el lenguaje de la ciencia y el sentido de su uso, con ejemplos paradigmáticos en contacto con las experiencias de la vida cotidiana. O bien, explorar otras vías de contextualización de la apropiación de la ciencia, como una cultura. Esto es parte de la agenda de investigación para el futuro.

Este primer recorte de investigación requiere también del análisis del conocimiento del contenido, concretamente del conocimiento de la materia. En la figura 1 se señala una relación indisoluble entre la *alfabetización científica* con el PCK, aunque la mejora del conocimiento del contenido no es un prerrequisito para la *alfabetización*, ésta sí lo es para una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia; sin embargo, tampoco tendría sentido comprender esta naturaleza si se desconocen las reglas del contenido a enseñar. Este aspecto lo hemos dejado pendiente para un siguiente trabajo.

Otro aspecto que abordaremos a futuro, es el análisis de los factores institucionales de la formación de los profesores de ciencias. Consideramos que varios obstáculos, no tratados en este trabajo, tienen poca relación con las

deficiencias en el conocimiento de los docentes y mucho que ver con la “política de percepciones” del conocimiento (el término es de Donmoyer, 1996). Es incoherente que los docentes desarrollen un conocimiento específico en determinados espacios de interacción colegiada, mientras la regulación institucional de la profesionalización universitaria (como señalan Lessard y Bourdoncle, 2002) se concentra precisamente en factores como la profesionalización de la investigación que propician la fragmentación del trabajo de los docentes y, sobre todo, de los docentes de enseñanza media superior.

Referencias

Abd-El-Khalick, F. y BouJaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (7), 673-699.

Aikenhead, S. G. y Ryan, G. A. (1992). The development of a new instrument: “Views on science-technology-society” (VOSTS). *Science Education*, 76 (5), 477-791.

Arnay, J. (1997). Reflexiones para un debate sobre la construcción del conocimiento en la escuela: hacia una cultura científica escolar. En M. J. Rodrigo y J. Arnay (Comps.), *La construcción del conocimiento escolar* (pp.35-58). Barcelona: Paidós.

Barona, C. y Verjovsky, J. (2001, noviembre). Las concepciones de la naturaleza de la ciencia de los profesores de las preparatorias de la UAEMOR. *Memoria del VI Congreso Nacional de Investigación Educativa* [Disco compacto]. México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa-Universidad de Colima.

Barona, C., Verjovsky, J. y Lessard, C. (2003, agosto). Conceptions of the nature of science of Mexican high school science teachers. Trabajo presentado en la *10th Biennial Conference of Earli*, Padova, Italia.

Borko, H. y Putnam, R. (1996). Learning to teach. En D. C. Berliner y R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp.673-708). Nueva York: Macmillan.

Carvajal, E. y Gómez, R. (2002). 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*, 7 (16), 577-602.

Coburn, W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. En K. Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in science education* (pp. 51-69). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Cobern, W. (2000). The nature of science and the role of knowledge and belief. *Science and Education*, 9 (3), 219-246.

Cole, M. y Keyssar, H. (1985). The concept of literacy in print and film. En D. R. Olson, N. Torrance y A. Hildyard (Eds), *Literacy, language, and learning. The nature and consequences of reading and writing*. Cambridge: Cambridge University Press.

Donmoyer, R. (1996). The concept of a knowledge base. En B. F. Murray (Ed.), *The teacher educator's handbook. Building a knowledge base for the preparation of teachers* (pp. 92-119). San Francisco: Jossey-Bass.

Gauthier, C., Desbiens, J.-F., Malo, A., Martineau, S. y Simard, D. (1997). *Pour une théorie de la pédagogie. Recherches contemporaines sur le savoir des enseignants*. Sainte-Foy, Canadá: Les presses de l'Université Laval.

Habermas, J. (1989). *Teoría de la acción comunicativa. Complementos y estudios previos*. Madrid: Editorial Cátedra.

Lessard, C. y Bourdoncle, R. (2002, abril-junio). Qu'est-ce qu'une formation professionnelle universitaire? Conceptions de l'université et formation professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 139, 131-154.

López, Á., Flores, F. y Gallegos, L. (2000). La formación de docentes en física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 5 (9), 113-135.

Mathews, M. (1998). The nature of science and science teaching. En B. Fraser y K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 2, pp. 981-999). Londres: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W., Clough, M. y Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 3-39). Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.

Mellado, V. (1998). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. En B. Fraser y K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 2, pp. 1093-1110). Londres: Kluwer Academic Publishers.

Monk, K y Dillon, J. (1996). *Learning to teach science: Activities for student teachers and mentors*. Londres: The Falmer Press.

Montero, L. (2001). *La construcción del conocimiento profesional docente*. Rosario, Argentina: Homo Sapiens Ediciones.

Nott, M. y Wellington, J. (2000). A programme for developing understanding of the nature of science in teacher education. En W. F. McComas (Ed.). *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 293-313). Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.

Universidad Autónoma del Estado de Morelos (1996). *Reestructuración del plan de estudios de nivel medio superior (Proyecto de Reforma Académica del Bachillerato)*. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos-Secretaría de Rectoría.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.

Taylor, P. (1998). Constructivism: Value added. En B. Fraser y K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 2, pp. 1111-1123). Londres: Kluwer Academic Publishers.

Tobin, K. y Campbell, M. (1997). Beliefs about the Nature of Science and the Enacted Science Curriculum. *Science & Education*, 6, 355-371.

Wittgenstein, L. (1988). *Investigaciones filosóficas*. Barcelona: Editorial Crítica.

Anexo 1

Definiciones de los ejes del cuestionario de Nott y Wellington (2000, pp. 312-313) para determinar el perfil de la *concepción de la naturaleza de la ciencia* [Traducción libre de los autores]

1. Relativismo/positivismo

Relativista: Niegas que las cosas sean verdaderas o falsas si únicamente te basas en una realidad independiente. La “verdad” de una teoría depende de las normas y la racionalidad de un grupo social que se considera, así como las técnicas experimentales usadas para evaluarlo. Los juicios y la verdad de las teorías científicas varían de un individuo a otro y de una cultura a otra. Ejemplo: la verdad es relativa, no absoluta.

Positivista: Crees realmente que el conocimiento científico es más “válido” que otras formas de conocimiento. Las leyes y teorías generadas por experimentos son las descripciones de los patrones que vemos en un verdadero mundo externo objetivo. Para el positivista, la ciencia es la primera fuente de la verdad. El positivista reconoce hechos empíricos y fenómenos observables como la materia prima de la ciencia. El trabajo del científico es establecer las relaciones objetivas entre las leyes que gobiernan los hechos y lo que se puede observar. El positivista rechaza examinar las causas básicas y los orígenes fundamentales.

2. Inductivismo/deductivismo

Inductivista: Crees que el trabajo del científico es la interrogación de la Naturaleza. Mediante la observación de casos particulares, uno es capaz de inferir de lo particular a lo general y luego determinar las leyes y teorías básicas. De acuerdo al inductivismo, los científicos generalizan “inductivamente” a partir de un conjunto de observaciones para llegar a una ley universal. El conocimiento científico está construido por inducción a partir de un grupo seguro de observaciones.

Deductivista: En nuestra definición esto significa que crees que los científicos proceden mediante la evaluación de las ideas producidas por una secuencia lógica de teorías cotidianas o de sus ideas audaces e imaginarias. De acuerdo al deductivismo (o razonamiento hipotético-deductivo), el razonamiento del científico consiste en la formación de hipótesis las cuales no están establecidas por los datos empíricos pero si sugeridos por ellos. La ciencia, por lo tanto, procede evaluando las consecuencias observables de esas hipótesis, por ejemplo, las observaciones son dirigidas o encabezadas por hipótesis –son teorías cargadas–.

3. Contextualismo/decontextualismo

Contextualismo: Sostienes la visión de que la verdad del conocimiento científico y procesos es interdependiente con la cultura en la que viven los científicos y en la cual se lleva a cabo.

Descontextualismo: Sostienes la visión de que el conocimiento científico es independiente de su localización cultural y su estructura sociológica.

4. Proceso/contenido

Proceso: Ves la ciencia como un grupo característico de métodos/procesos identificables. El aprendizaje de ello es la parte esencial de la educación en ciencia.

Contenido: Piensas que la ciencia se caracteriza por hechos e ideas que esta misma tiene y que la parte esencial de la educación en ciencia es la adquisición y manejo de “este cuerpo de conocimiento”.

5. Instrumentalismo/realismo

Instrumentalismo: Crees que las teorías científicas y las ideas están bien mientras funcionen, esto es que permiten que se hagan predicciones correctas. Estas son instrumentos que podemos usar pero no nos dicen nada sobre la realidad independiente o su misma verdad.

Realismo: Crees que las teorías científicas son enunciados acerca de un mundo que existe en un espacio y tiempo independiente de las percepciones de los científicos. Las teorías correctas describen cosas que en realidad existen con independencia de los científicos, por ejemplo, los átomos y los electrones.

¹ Algunas experiencias de formación de profesores de enseñanza media superior del área de ciencias muestran que los cursos impartidos a los profesores tienen poco efecto en su práctica en el salón de clases. Una vez que los profesores concluyen los cursos retoman las formas tradicionales de enseñar (López, Flores y Gallegos, 2000).

² El Colegio de Bachilleres es un organismo descentralizado del Estado mexicano, creado por decreto presidencial del 26 de septiembre de 1973 y que ofrece estudios de educación media superior a nivel nacional, en modalidades escolarizada y abierta. (Para conocer más al respecto, consultar: <http://www.cbachilleres.edu.mx/>).

³ *Literacy* se puede traducir como “alfabetización”; pero el vocablo inglés es más amplio: “*Literacy* es entendida convencionalmente como la habilidad de usar símbolos gráficos para representar un lenguaje hablado. *Literacy* así concebida es un tipo importante de actividad humana mediada. Una forma de *literacy* son los impresos. Además, en el lenguaje ordinario, *literacy* a menudo se refiere a la habilidad de interpretar o negociar el entendimiento dentro de algún modo de comunicación” (Cole y Keyssar, 1985, p. 50) [Traducción libre y énfasis de los autores]. Abd-El-Khalick y BouJaoude (1997, p. 673) entienden la *alfabetización científica* como: “En términos muy

generales, una persona alfabetizada en la ciencia puede desarrollar y entender los conceptos, los principios, las teorías y los procesos de la ciencia y una conciencia de las relaciones complejas entre ciencia, tecnología y sociedad. De mayor importancia, tal persona desarrollará un entendimiento de la naturaleza de la ciencia” [Traducción libre de los autores].

⁴ El estudio de caso en educación va más allá de los parámetros de relación entre teoría y práctica. Como señala Shulman: “Es innecesario para cada profesor aprender la práctica únicamente mediante su experiencia directa. Como Bruner observó respecto al aprendizaje por descubrimiento, sería absurdo que cada generación tuviera que descubrir lo ya descubierto por nuestros antepasados. La práctica puede ser aprendida desde la participación vicaria de la experiencia de otros, adecuadamente documentada, diseminada y discutida. Aquí es donde el papel de los casos llega a ser central en la diseminación de nuevos ejemplos (...) Los profesores pueden leer casos que registran las experiencias de otros profesores (...) En esta dirección la mejora de la enseñanza puede conseguirse moviéndose desde la práctica de un profesor a la práctica de otro, y no exclusivamente desde la teoría a la práctica o de la práctica a la teoría” (Shulman, citado en Montero, 2001, p. 219).