

Percepciones y supuestos sobre la enseñanza de la ciencia

Las concepciones de los investigadores universitarios

MARÍA EUGENIA ALVARADO RODRÍGUEZ* | FERNANDO FLORES-CAMACHO**

Se presentan resultados de un estudio con investigadores de diversas áreas científicas de la UNAM en relación a sus concepciones sobre la enseñanza de la ciencia en el marco universitario. El texto forma parte de un estudio sobre el origen y desarrollo de las concepciones de ciencia que prevalecen entre los investigadores en ciencias. Se aborda un breve panorama en relación a la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias para, posteriormente, presentar las ideas expresadas por diversos investigadores en torno a la enseñanza de la ciencia y del aprendizaje, como son: ideas y perspectivas en formación y actualización docente, desvinculación docencia investigación, infraestructura y problemas de índole económica, y obstáculos para la enseñanza de la ciencia. En el desarrollo del trabajo se muestra el tipo de ideas que tienen los investigadores en torno a la enseñanza de la ciencia y se hace un análisis crítico y comparativo de tales ideas y concepciones. Se muestran los problemas que subyacen a concepciones ingenuas sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje y se anotan algunas implicaciones en torno a las dificultades de mejorar la educación científica en la universidad.

This article presents the results of a study that involves researchers in several scientific areas at the Universidad Nacional Autónoma de México (National Autonomous University of Mexico) with regard to their conceptions about teaching science at the university. It is part of a wider study about the origin and the development of the conceptions about science that prevail amongst the researchers in sciences. It offers a short overview about the educational research on teaching sciences and afterwards presents the ideas expressed by several researchers about teaching and learning sciences, such as ideas and views about the teachers' training and updating, the lack of connection between teaching and research, the infrastructure and economic problems and other obstacles for teaching sciences. In the central part of this work the authors show the kind of ideas shown by the researchers about teaching sciences and they propose a critical and comparative analysis of such ideas and conceptions. They also show the problems that underlie naive conceptions about the teaching and learning processes and they emphasize some of the implications around the difficulties in improving scientific education at the university.

Recepción: 13 de agosto de 2008 | Aceptación: 23 de septiembre de 2009

* Investigadora del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. Líneas de investigación: enseñanza y filosofía de la ciencia, en especial el tema: puentes entre las concepciones de ciencia de las perspectivas científica y humanista. Publicaciones recientes: (2009), “La ciencia en la UNAM en la primera fase de organización-institucionalización”, *Revista Ethos Educativo*, núm. 45, pp. 77-97; (2008, en coautoría con F. Flores), “Origen y desarrollo de la ciencia profesional en la UNAM”, *Revista Heurística*, núm. 9, pp. 2-12. CE: alvarad@servidor.unam.mx

** Investigador del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM. Líneas de investigación: transformación de los conceptos y las representaciones en la ciencia y la enseñanza de las ciencias. Publicaciones recientes: (2009, en coautoría con L. Gallegos y E. Calderón), “Preschool Science Learning: The construction of representations and explanations about color, shadows, light and images”, *Review of Sciences, Mathematics, and ICT Education*, vol. 3, núm. 1, pp. 49-73; (2007, en coautoría con L. Gallegos y C. Reyes), “Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química”, *Perfiles Educativos*, núm. 116, pp. 60-84. CE: fernando.flores@ccadet.unam.mx

Palabras clave

Investigación educativa
Ciencia
Educación superior
Representaciones de ciencia
México

Keywords

Research in education
Science
Higher education
Conceptions about science
Mexico

PRESENTACIÓN

Uno de los temas que ha emergido con intensidad en el debate educativo de nuestros días es el de la enseñanza de la ciencia. Su estudio se ha llevado a cabo desde múltiples enfoques: el del contenido pedagógico de los profesores (Shulman, 1986), el de las representaciones sobre la naturaleza de la ciencia (Flores *et al.*, 2006), el de los procesos didácticos (Duit y Treagust, 1998), el del uso de la historia en la enseñanza (Campanario y Moya, 1999), aquéllos que tienen que ver con la formación docente (Flores, 2000; Alvarado, 1989) y los que estudian los procesos cognoscitivos básicos como el cambio conceptual y representacional (Pozo y Flores, 2007). Estos estudios tienen sus fundamentos en diferentes referentes teóricos y han dado como resultado diversas propuestas teórico-metodológicas que buscan dar solución a esta problemática. Sin embargo, hasta la fecha poco se ha contribuido para esclarecer cuáles son las razones por las que no se logra una enseñanza que se vincule al avance científico y a la realidad social del momento actual. Este trabajo se enfoca en analizar algunos aspectos del problema de vinculación del conocimiento científico con los problemas educativos a través de incursionar en el pensamiento de los científicos y sus visiones educativas.

Dentro de los muchos estudios que abordan las ideas y problemáticas de los profesores sobre diversos aspectos, son muy pocas las investigaciones que analizan las concepciones y problemas educativos de los investigadores en el área de las ciencias. La mayoría de los estudios se han centrado en los profesores de los ciclos básicos y medios de la educación y pocos son los referentes en los niveles universitarios (Carey y Stauss, 1968; Barufaldi *et al.*, 1977; Duschl y Wright, 1989; Gallagher, 1991; Gil y Rico, 2003; López *et al.*, 2000; Gallegos, Flores y Valdés, 2004) y mucho menos si los profesores universitarios son principalmente investigadores en áreas específicas del conocimiento

científico. En México se han iniciado estudios de esta problemática con los investigadores pero se cuenta aún con muy pocos estudios (Alvarado y Flores, 2001; Alvarado, 1998; 2000). En el presente trabajo, que se espera implique un avance respecto de los precedentes, se busca esclarecer las concepciones de ciencia que tienen los investigadores de la muestra analizada y la manera en que sus concepciones influyen en su percepción de lo que debe ser la docencia, así como el tipo de problemas que perciben en torno a su forma de enseñanza y su entorno educativo. En este estudio se analiza y se da a conocer el pensamiento expresado por algunos investigadores en relación a su percepción de los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en la UNAM, así como algunas propuestas que plantean como posibles vías de solución.

En el desarrollo del escrito se presenta, en primer lugar, una síntesis de lo realizado en investigación educativa, que incluye varios de los enfoques con los que se ha abordado la enseñanza de la ciencia en diferentes países. En segundo lugar expondremos brevemente la investigación realizada y en tercero mostraremos una síntesis de los resultados obtenidos, en relación a la experiencia en la formación de cuadros por los investigadores, así como las propuestas que plantean para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS UN BREVE PANORAMA

La investigación educativa en el ámbito de la enseñanza de la ciencia, al igual que en otros aspectos, se lleva a cabo, explícita e implícitamente, dentro de un marco teórico proporcionado por la epistemología de la ciencia, las teorías del aprendizaje y la Pedagogía, mismas que sugieren al investigador los aspectos a ser estudiados, le señalan los métodos apropiados y le indican las soluciones aceptables. Así, a partir de las décadas de los ochenta y noventa

del siglo pasado la enseñanza de las ciencias se ha desarrollado como un marco educativo de análisis con características propias (Duschl, 1988, 1990; Lederman, 1992, 1983; Aguirre *et al.*, 1990; Campanario y Moya, 1999; Campanario, 2003; Fernández *et al.*, 2003; Flores *et al.*, 2004; Alvarado, 2005; Flores *et al.*, 2006).

En este contexto, en un pasado reciente, algunas de las orientaciones predominantes de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias han sido, entre otras:

- a) La “perspectiva del cambio conceptual, asociado a otros dos problemas complejos, ambos sin solución, al menos, cercana: cómo se construye el conocimiento y en qué consiste el aprendizaje” (Flores, 2004: 256).
- b) El análisis de las concepciones de ciencia de los diversos actores educativos (Rubba *et al.*, 1981; Rowell y Cawthorn, 1982; Aikenhead y Ryan, 1992; Rampal, 1992; Ryder *et al.*, 1999; Aguirre *et al.*, 1990; Palmquist y Finley, 1997; Roth y Lucas, 1997; Lederman *et al.*, 2002; Tsai, 2002).
- c) Dentro del campo de la cognición, el problema de la transferencia y los modelos mentales y representacionales (Flores, 2000; Gallegos, 2002).
- d) La perspectiva *constructivista*, que enmarca buena parte de los actuales enfoques y temáticas de análisis y que enfatiza la importancia de las concepciones intuitivas y las teorías implícitas (Pozo y Gómez-Crespo, 1998, citados por Pozo y Gómez-Crespo, 2004: 199).
- e) El análisis de las prácticas docentes y lo que se ha denominado el conocimiento pedagógico del contenido (Shulman, 1986).

En particular la aceptación del constructivismo como base fundamental para muchas de las investigaciones en la enseñanza de la ciencia obliga, en este momento, a realizar una valoración crítica tanto de sus alcances como

de sus limitaciones, por lo cual a continuación se enuncian brevemente sus sustentos teóricos y en qué han consistido sus aportaciones.

Se ha comprobado que en la resolución de tareas formales no sólo influye la estructura lógica del problema sino también el contenido a que se refiere dicho problema (cognición situada). Esta influencia del contenido está mediatisada esencialmente por las ideas o concepciones previas que el sujeto tenga del contenido y del contexto en el que se construye. Así, en el constructivismo no se trata únicamente de elaborar los conocimientos conceptuales, sino también las destrezas y habilidades necesarias para la construcción de nociones y procesos cercanos a las cualidades que orienten al sujeto hacia la ciencia, el desarrollo de actitudes positivas, la superación de las concepciones alternativas y, en correspondencia, el desarrollo de autoestima y satisfacción por el conocimiento (cambio intencional).

A raíz de los resultados de las investigaciones sobre los esquemas alternativos de los estudiantes, y del aporte hecho por la epistemología de las ciencias y de la psicología cognitiva, se han experimentado propuestas renovadoras para la enseñanza de las ciencias ligadas a la concepción constructivista del aprendizaje de la cual se destacan algunos aspectos fundamentales que pueden resumirse, de acuerdo con Coll (1987), en los siguientes enunciados:

- Tanto los individuos como los grupos de individuos construyen ideas acerca de cómo funciona el mundo. La forma en la que dan sentido al mundo cambia con el transcurso del tiempo.
- Lo que existe en la mente de los sujetos tiene importancia. Las concepciones que los alumnos poseen influyen en sus interpretaciones y llegan incluso a determinar qué datos sensoriales han de ser seleccionados y ha de prestárseles atención.
- Se asigna gran importancia al aprendizaje previo y a los esquemas conceptuales preexistentes.

- Encontrar sentido a los conocimientos implica establecer relaciones entre los conceptos, diferenciando, por una parte, las relaciones derivadas de la propia estructura de los contenidos y, por otra, los múltiples tipos de conexiones que pueden existir entre ellos. De esta manera, se tienen en cuenta las influencias del contexto sociocultural sobre el aprendizaje.
- Quien aprende construye activamente significados; las personas, cuando aprenden, tienden a generar significados a partir de su aprendizaje anterior.
- Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje, lo cual significa que han de dirigir su atención hacia la tarea de aprendizaje y realizar un esfuerzo para generar relaciones entre los estímulos y la función acumulada para construir, por sí mismos, nuevos significados.

En síntesis, en la concepción constructivista del aprendizaje se concede gran importancia a los fundamentos y creencias que los sujetos —profesores y alumnos— tienen sobre el conocimiento y que enmarcan tanto los aspectos conceptuales como los actitudinales. De esta consideración han salido preguntas que intentan conocer cuáles son las aproximaciones hacia el conocimiento científico que tienen los alumnos y docentes que enmarcan, dificultando o favoreciendo, su aproximación al conocimiento y por lo tanto a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Lo anterior ha llevado necesariamente a interrogarnos sobre el sistema de pensamiento del alumno: las cuestiones que se plantea, su marco de referencia (lo que sabe o cree saber), su sistema de operar (los argumentos que acepta o no acepta), las formas de razonamiento que utiliza y su disponibilidad. Dado que el profesor no puede construir el conocimiento en el lugar del alumno, se pretende encontrar las situaciones o las intervenciones que

obligan a éste a romper con sus conocimientos anteriores y a reorganizarlos. En una palabra, se trata de aprender a apoyarse en los obstáculos para ayudar a los alumnos a progresar (Giordan, 1985; Aguirre *et al.*, 1990; Gallegos, 2002; Bonilla, 2003; Flores, 2004; Rodríguez y López, 2006; Flores *et al.*, 2006; García y Garritz, 2006; Pozo y Flores, 2007).

De estas consideraciones surgen algunas de las preguntas que han orientado la enseñanza de las ciencias: ¿qué sabemos acerca de cómo aprenden las personas?, ¿podemos ayudar a nuestros alumnos a aprender cómo aprender?, ¿cuáles son los principales obstáculos con los que se tropieza un profesor, al intentar enseñar a los alumnos a aprender?, y ¿qué expectativas hay para capacitar a las personas? (Novak, 1991).

De las respuestas formuladas a estas interrogantes destaca que, así como en los alumnos existe una serie de condiciones y características con las cuales se incorporan a su proceso educativo, entre los profesores existen también experiencias, características y condiciones que median su actuación docente. Podemos afirmar que el desempeño de los profesores de ciencias está influido en gran parte por sus concepciones sobre educación, sobre la naturaleza de la ciencia, sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como por el conocimiento de la materia a enseñar (Carrascosa, 1987; Salcedo, 1996; Flores *et al.*, 2006).

Al respecto se ha encontrado, entre los profesores de diversos niveles educativos y también entre los propios científicos, una concepción muy extendida sobre la naturaleza de la ciencia y en particular sobre la metodología científica, marcada por el inductivismo, que ignora las aportaciones de la moderna epistemología (Ogunniyi y Pella, 1980; Rowell y Cawthon, 1982; Gil, 1983; Alvarado y Flores, 2001; Flores *et al.*, 2006).

Parece necesario proceder a una revisión radical de lo que a la luz del pensamiento actual en la nueva filosofía y sociología de la ciencia cabe interpretar como actitud científica, si

se quiere modificar la visión distorsionada y perjudicial de la ciencia vigente en los currículos de enseñanza media y superior, y en especial en las formas de enseñanza y expectativas de logro de aprendizaje que conciben los profesores e investigadores universitarios.

Por último, es necesario señalar que, como resultado de las más recientes investigaciones realizadas, se ha encontrado que algunas de las causas que impiden que los estudiantes alcancen los objetivos deseados son: a) las ideas muy generales sobre teorías y conceptos científicos; b) conocimientos exclusivamente memorísticos, mal comprendidos; y c) la enseñanza de las ciencias no les permite adaptarse al sistema educativo actual, lo que les incapacita para acceder a estudios superiores (Martínez, García y Mondelo, 1993; Gallegos, 2002; Ramírez, 2003).

De los aspectos descritos se puede inferir que buena parte de la problemática de la enseñanza de la ciencia radica en la comprensión de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y las estrechas relaciones que ésta tiene con los procesos de enseñanza, por ello en los últimos años se ha dedicado un gran impulso a investigar esas concepciones. En este mismo estudio una parte central es, precisamente, esta relación entre la naturaleza de la ciencia y el problema educativo.

Si bien la influencia directa que tienen las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de los profesores sobre sus formas de enseñanza y de percepción de la problemática educativa se encuentra en el debate (Lederman, 2007), hay una importante corriente que indica que la influencia de las concepciones de los profesores en los alumnos se encuentra de manera mucho más sutil y que tiene que ver con su intencionalidad educativa, con las expectativas que tiene de lo que implica que los estudiantes aprendan y, sobre todo, con la visión sobre la enseñanza de la ciencia como un campo de análisis y de investigación. Ésta es la aproximación a la que nos adherimos en este estudio.

Ideas de los investigadores en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia

El actual estado del conocimiento en cuanto a las ideas de los investigadores en relación a la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia presenta una amplia diversidad de temáticas y problemáticas que se clasifican, en general, como concepciones e imágenes en torno a los procesos de construcción del conocimiento científico. A pesar de esta amplitud que el tema permite, y de la extensa investigación que se ha llevado a cabo en las últimas décadas, como se ha apuntado, los esfuerzos se han centrado en los profesores y son muy pocas las indagaciones que trabajan con la población de los investigadores, por un sinfín de razones entre las cuales podemos señalar que se considera que los investigadores son inaccesibles o que se espera un nivel superior de reflexión sobre estos temas (Alvarado, 1998).

El incremento del interés por esta línea de investigación se puede observar en los reportes publicados en las diferentes revistas especializadas, entre las cuales podemos mencionar: *Enseñanza de la Ciencia*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education*, *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* (vol. 12, núm. 2) y *Perfiles Educativos*, entre muchas otras.

Así, buscamos evidenciar que todo que-hacer científico tiene un sustento teórico, implícita o explícitamente, y una cierta concepción de ciencia que lo orienta e influye en su práctica cotidiana, tal y como lo reportan Kimbal (1968), Rampal (1992), Martín del Pozo *et al.* (1995), Nott y Wellington (1998), Flores *et al.* (2000), Alvarado y Flores (2001) y Flores *et al.* (2006).

Es importante señalar que si bien existen paradigmas dominantes en las comunidades científicas, las concepciones de ciencia que han prevalecido en épocas anteriores no han sido olvidadas del todo, incluso llegan a coexistir concepciones de ciencia de épocas pasadas con las de mayor actualidad en un mismo ámbito académico (Flores *et al.*, 2006).

A partir del diagnóstico que realizamos, y con fundamento en los planteamientos teóricos señalados, así como en una experiencia de investigación previa que tuvimos también con investigadores (Alvarado y Flores, 2001), nos abocamos a efectuar un estudio en relación al origen y desarrollo de las concepciones de ciencia en la UNAM, en el cual buscábamos encontrar respuesta a cuál es el origen de las concepciones de ciencia en la Universidad y cuál ha sido el desarrollo que se ha vivido a lo largo de la institucionalización de la ciencia, a partir de la creación de Ciudad Universitaria. Aquí se reporta el análisis en torno a las concepciones de la enseñanza de la ciencia dentro del marco universitario.

Para la investigación, además del trabajo teórico-documental consideramos necesario realizar un trabajo de campo; para ello se entrevistaría a investigadores del subsistema de la investigación científica, bajo la premisa de que son ellos quienes conocen y han vivido desde el principio el proceso al dar origen, profesionalizar y desarrollar la ciencia en la UNAM.

Para el trabajo de campo en primer lugar se elaboró una guía de entrevista, misma que fue piloteada con profesores e investigadores para afinarla y, posteriormente, seleccionamos una muestra de 20 investigadores de la Coordinación de la Investigación Científica, a quienes entrevistamos apoyados en la guía de entrevista definitiva y de la cual se muestran, más adelante, las preguntas orientadoras sobre el tema de las concepciones educativas.

En este artículo presentamos un fragmento de los resultados correspondientes a la dimensión de la enseñanza de la ciencia en la UNAM. Las otras dos dimensiones investigadas fueron: conocimiento de la estructura institucional y concepciones de ciencia de los investigadores, y se han estado difundiendo en diferentes publicaciones (Alvarado 2004; 2005 y 2006).

LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA A DECIR DE SUS ACTORES, LOS INVESTIGADORES PROCESOS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La manera en la que se percibe y lleva a cabo la enseñanza de la ciencia es una de las dimensiones básicas para el estudio del desarrollo y las concepciones de la misma, ya que es el espacio en que se reproducen, crean y modifican de forma implícita y explícita las prácticas científicas a través de las cuales los investigadores transmiten, en su quehacer cotidiano, sus concepciones de ciencia a sus alumnos. Para este tema se seleccionaron las siguientes preguntas de la guía de entrevista:

- ¿Qué programas de enseñanza de la ciencia conoce que existen en la UNAM?
- ¿Qué relación guarda la institucionalización de la ciencia con su enseñanza?
- ¿Qué se ha hecho en el ámbito (UNAM, facultad o centro de trabajo) en el que se desenvuelve para mejorar la enseñanza de la ciencia?
- ¿Conoce algunos problemas conceptuales que se presentan en el aula que impiden u obstaculizan aprender la ciencia que enseña?
- ¿Cómo concibe que debe enseñarse la ciencia?
- ¿Cómo concibe que se puede aprender mejor la ciencia?

Sobre el proceso metodológico

El proceso metodológico consistió en entrevistas extensas a los 20 investigadores del área de la Coordinación de la Investigación Científica participantes cuya dependencia y número se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Centro o instituto donde se aplicaron entrevistas y número de entrevistados

Instituto de Biología	3
Centro de Ciencias de la Atmósfera	1
Instituto de Astronomía	2
Instituto de Ciencias Nucleares	2
Instituto de Ecología	1
Instituto de Matemáticas	3
Instituto de Química	4
Instituto de Física	4

Las entrevistas tuvieron como guía un conjunto de preguntas pero sin que éstas requirieran de una respuesta única, ni cerrada; por el contrario, fueron sólo un elemento para que los investigadores entrevistados pudieran expresar sus opiniones de manera lo más libre posible. Las entrevistas fueron grabadas y transcritas en su totalidad para su análisis.

Para identificar a los entrevistados, a continuación de los fragmentos de sus expresiones se indica entre paréntesis el número de entrevistado y su instituto o centro: por ejemplo, el primer entrevistado del Instituto de Biología se expresa como (investigador 1, Instituto de Biología).

Para la elaboración de las categorías de análisis se procedió a partir de lecturas sucesivas de las entrevistas hasta que se encontraron los patrones de ideas que pudieran ser agrupadas en categorías generales. Una vez determinadas las categorías se procedió a validarlas —con la lectura de otro investigador— y a establecer, de manera lo más precisa posible, la correspondencia entre las ideas enunciadas por los entrevistados y las categorías en las que se ubican. Las expresiones de los investigadores que se presentan ilustran sus concepciones más significativas correspondientes a las distintas categorías del análisis que, como se ha apuntado, intentan rescatar y organizar las ideas expresadas a partir de las experiencias y sugerencias en las cuales exteriorizaron su opinión, y por lo mismo no era de esperar que

hubiera trayectorias y pensamientos iguales. Las categorías que no son más que indicadores generales que permiten agrupar de forma temática las ideas expresadas a partir de las respuestas de los entrevistados son:

- Ideas y perspectivas en la formación y actualización de profesores.
- Vinculación y desvinculación docencia-investigación.
- Infraestructura y problemas de índole económica.
- Obstáculos que identifican en la enseñanza de la ciencia.
- Propuestas para mejorar la enseñanza de la ciencia.

A continuación desarrollamos cada una de estas categorías.

RESULTADOS

Ideas y perspectivas en formación y actualización de profesores

Una constante reportada por los investigadores entrevistados tiene que ver con su percepción de que en la UNAM hay una escasa presencia de programas de actualización y formación de profesores, además de los pocos apoyos institucionales con los que cuentan para asistir a ellos y ausentarse de sus labores. Sin embargo, a pesar de expresar esta carencia, los entrevistados no saben si en realidad hay algún programa de ese tipo y qué características debiera de tener. Los entrevistados no lograron decir cuáles programas de formación o actualización docente ha habido en la UNAM, ni si conocían alguno en el momento de la entrevista o si había disponible alguno, salvo algunas excepciones.

Entre las expresiones de los investigadores entrevistados surgen ideas que podemos clasificar como de sentido común. Una de ellas, y que aparece de manera recurrente, es la creencia de que los investigadores, por su nivel de comprensión en ciertas temáticas,

tienen los elementos suficientes para llevar a cabo una mejor enseñanza que otros profesores, pues consideran que el dominio de ciertos conocimientos es suficiente para garantizar una mejor comprensión en los alumnos. Otra creencia intuitiva es que la motivación proviene de mostrar a los alumnos trabajos de frontera. Ejemplos de estas opiniones son:

Para que se desarrolle la ciencia es importante “ir motivando a los estudiantes que van saliendo del área de ciencias a que le encuentren un atractivo,” por lo que es importante “tener un fuerte vínculo entre el trabajo de investigación y la docencia” (investigador 4, Instituto de Química).

Sabemos que en la formación de los alumnos influyen los maestros, por lo cual es de gran importancia que el maestro esté preparado, no solamente que conozca el programa sino que tenga a la mano la última literatura y que esté familiarizado con lo que está pasando en ese campo porque esta investigación permite que al alumno se le pongan ejemplos muy actuales, que la información que maneje sea muy actual (investigador 2, Instituto de Biología).

El que los investigadores den clase mejoraría considerablemente la enseñanza de la ciencia, porque finalmente es para impactar en los alumnos. Es de gran importancia el recuperar la vinculación de la docencia con la investigación (investigador 3, Instituto de Química).

Existen problemas en cuanto a la formación y actualización de los profesores y para capacitar a los maestros de los niveles medio y medio superior porque desde estas etapas es cuando se pueden interesar los jóvenes o también se les puede meter terror. Hay que hacerla [la ciencia] lo más sencilla posible, porque parte de lo que hacen mucha gente es ponerla complicada (investigador 3, Instituto de Matemáticas).

Desvinculación entre docencia e investigación

Las opiniones que expresan los investigadores entrevistados sobre la vinculación docencia-investigación presenta diversos puntos de vista y aristas. En primer lugar, se encuentran dos posiciones contrarias: quienes afirman que existe desvinculación y quienes afirman

que no existe tal y que, por el contrario, la presencia de los investigadores en la docencia es puntal de dicha vinculación. Éste es, desde luego, un aspecto muy relevante para la educación que debiera merecer una mayor reflexión que la mostrada por los entrevistados. Es importante notar que la vinculación entre docencia e investigación va más allá de que los investigadores sean a su vez profesores, ya que implica prácticas educativas que hagan posible que los desarrollos actuales de la investigación, y en especial las formas, enfoques, intereses, actitudes y metodologías de investigación, aparezcan en los procesos de enseñanza y permitan la orientación de enfoques educativos y procesos de aprendizaje donde los estudiantes se beneficien y, en la medida de lo posible, se incorporen a los desarrollos de investigación. Desafortunadamente lo encontrado dista mucho de ese nivel de análisis y a lo más se centra en la tutoría de tesis, que si bien es parte importante de la formación de los alumnos, constituye apenas uno solo de los elementos que la vinculación docencia-investigación debería tener. En cuanto a lo expresado mostramos dos ejemplos paradigmáticos.

Existe una vinculación fuerte entre la actividad científica con la parte educativa, pues los investigadores dan cursos en licenciatura y en posgrado lo que hace que tengan influencia en los alumnos, pero la idea es que se vayan independizando científicamente y ellos vayan creando sus propios proyectos y sus propias formas de pensar (investigador 1, Instituto de Física).

Por otro lado se expresa que:

Existe una desvinculación entre la docencia y la investigación. La vinculación que hay entre la investigación con la enseñanza de la ciencia es una interacción poco activa en estos momentos (investigador 2, Instituto de Química).

En otro orden de ideas, se expresa la necesidad de desarrollar la vinculación pero no sólo en los aspectos docentes, sino en un sentido distinto, que implique la superación de los rezagos sociales y en el campo de la

percepción y apoyo a la ciencia. Esto se muestra en el siguiente fragmento:

Es importante el ligar las políticas de investigación con las políticas educativas porque mientras no se componen entre uno con la importancia que tiene la investigación científica y la educación en el ámbito científico para toda la sociedad va a ser muy difícil que como sociedad tengamos un progreso científico (investigador 4, Instituto de Biología).

Como puede apreciarse en estos fragmentos, si bien puede o no reconocerse la vinculación de la investigación con la enseñanza, ésta se remite a situaciones de declaración de deberes y no hay la claridad suficiente para expresar o indicar formas específicas de tal vinculación o de procesos que lleven a establecer la vinculación requerida. Mucho menos se encuentran ideas en torno a lo que significa esa vinculación y por qué se puede argumentar su presencia o ausencia.

Infraestructura y problemas de índole económica

Otro aspecto que resaltan los investigadores es que los problemas económicos son factores determinantes, si no únicos, en los problemas que impiden una mejor enseñanza de la ciencia. Sin embargo, como en el caso anterior, son declaraciones generales que no ofrecen análisis particular y detallado de cómo este factor tiene que ver con los problemas que se expresan. En el mejor de los casos los ligan a expectativas como la excelencia de los alumnos o a incrementar el número de jóvenes investigadores. Nuevamente encontramos un discurso pobre en el que no aparece, por ejemplo, la necesidad de desarrollar en la universidad la infraestructura que apoye y dé soporte a los problemas de enseñanza de la ciencia que se tienen en las facultades. En seguida un par de ejemplos:

La asignación [económica] que tenemos en la investigación y educación en el ámbito superior es proporcionalmente muy pequeña... Pero para mejorarlo es necesario seguir

incorporando a... gente joven, gente nueva, además de la promoción de la docencia entre nuestros investigadores, ...la formación de personal dentro de posgrado, un programa de apoyo, además de que la ciencia se debe enseñar poniendo mucho énfasis en la realidad (investigador 4, Instituto de Biología).

La enseñanza de la ciencia es mejor y da frutos cuando se crean alumnos de excelencia a través de profesores de excelencia. Los profesores deben tener el tiempo suficiente, dedicarse a los alumnos, en la asesoría personal. Hay alumnos importantísimos, además de ser ayudados económicamente; por ejemplo CONACyT ve que es de excelencia, da dinero y el dar dinero quiere decir que están fomentando la base esencial de investigación (investigador Centro de Ciencias de la Atmosfera).

Obstáculos para la enseñanza de la ciencia

La mayoría de los entrevistados considera que los obstáculos para el aprendizaje de la ciencia están en los propios alumnos, idea muy extendida entre la comunidad de profesores, sobre todo los del nivel universitario, puesto que aunque no hay investigaciones previas que lo describan, la mayoría podemos recordar expresiones de nuestro profesores, o en su caso de colegas, que sitúan la culpa en los alumnos, sea por falta de preparación, de interés o de conocimientos previos. Este tipo de comentarios muestran el profundo desconocimiento que tienen los investigadores y profesores universitarios de las problemáticas conceptuales y cognitivas intrínsecas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, además de no asumir que su papel no se limita a enseñar sino a lograr que otros aprendan, diferencia que da cuenta de sus concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje. Así, es frecuente encontrar en los entrevistados ejemplos como los siguientes:

Uno de los problemas que obstaculizan el aprender la ciencia son los *problemas de formación inicial*: los alumnos no cuentan con las herramientas teóricas y de laboratorio para realizar una investigación (investigador 3, Instituto de Química).

Los problemas que se presentan en la enseñanza de la ciencia son *más bien a nivel de tipo de personalidad, de carácter*: si no pueden entablar una buena relación el alumno y el asesor, terminan por descartar el trabajo para irse con otro asesor (investigador 4, Instituto de Química).

Otro obstáculo o problema que presentan los alumnos para no aprender la ciencia, es el no *poderse expresar correctamente y la falta de disciplina* (investigador 2, Instituto de Física).

Un obstáculo más es que *los alumnos que tenemos tienen un elemento de pasividad*, lo que es difícil es transformar la pasividad en actividad (investigador 3, Instituto de Física).

Hay investigadores (55 por ciento de la muestra) que reconocen que parte de los problemas se debe a las formas de enseñanza o a otras características como las diferencias en la formación, por ejemplo regional, de los alumnos. Aunque no presentan argumentos más allá de la declaración del hecho, el reconocimiento de factores educativos es alentador puesto que puede considerarse un primer paso para hacer conciencia de que en el aprendizaje de los alumnos los profesores tienen un papel importante que jugar. Algunas expresiones de los investigadores entrevistados son las siguientes:

Otro de los obstáculos que se presentan para aprender la ciencia es que los alumnos tengan problemas conceptuales de base y la asimetría desafortunadamente entre estudiantes del DF y estudiantes que vienen de las universidades de fuera, por ello debemos incidir muy fuertemente en la investigación científica, en la enseñanza de la investigación científica desde las bases y recurrir a todo el material didáctico y tecnológico, que hay diferencias (investigador 4, Instituto de Biología).

La memorización de cosas intrascendentes o la otra, aquella provisión de científicos poco reflexivos hacen que no se interese el niño por la ciencia. Así que se está influyendo negativamente, no se están propiciando desarrollos educativos que sirvan al niño para su vida adulta (investigador 1, Instituto de Química).

Un problema grave en la enseñanza de la ciencia de la UNAM es que la parte práctica está muy descuidada y una solución a ello

es llevar a los estudiantes a los laboratorios y tener buenos maestros que enseñen a hacer a nuestros estudiantes creativos (investigador 2, Instituto de Física).

La planta de investigadores no es, en su gran mayoría, capaz de doctorar porque quizás ellos mismos, los investigadores, todavía no terminan de efectuar su formación propia como investigadores ya independientes y capaces de adquirir un grupo y mantenerlo en maestría; [además de que] el número de alumnos, o de alumnos potenciales, siempre es pequeño (investigador 3, Instituto de Física).

Una vez que hemos presentado algunos de los problemas y obstáculos para la enseñanza de la ciencia es procedente desarrollar las propuestas que los propios investigadores realizan para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de esta área de conocimiento. Esto permitirá comparar su percepción de los problemas y el estado actual de la enseñanza de la ciencia en la universidad con la posibilidad que se tiene, desde las ideas de ciencia y aprendizaje de los investigadores, con las soluciones (parciales o generales) que generan.

Propuestas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia

Como podrá apreciarse, la mayoría de los investigadores presenta como propuestas para mejorar la enseñanza acciones centradas en ideas ingenuas, que retoman de las prácticas docentes que son cotidianas y que han sido puestas en práctica reiteradamente en diversos ámbitos escolares. Ello da cuenta, nuevamente, de la poca información e interés que han tenido los investigadores por acercarse a los problemas del aprendizaje de sus alumnos y del hecho de que no trasladan su actitud científica, desarrollada en sus campos de investigación, al campo educativo, pues desconocen, en general, que éste también es un campo de investigación y que pueden apoyarse en los resultados de investigación de los últimos años.

La mayoría de las propuestas de los investigadores está centrada en aspectos como dejar la memorización y buscar el razonamiento, hacer “significativo” el aprendizaje

sin que se tenga claridad acerca de qué implica lo “significativo” ni cómo acercarse a él a través de procesos educativos. Un ejemplo de ello lo podemos ver en la siguiente transcripción, en donde vemos que un investigador propone la interacción entre los alumnos centrando el proceso en la comprensión, pero sin lograr colocarse él mismo en el proceso de enseñanza:

Para mejorar el aprendizaje de la ciencia no deben utilizarse los métodos tradicionales de memorización sino de conceptualización. Tú no te vas a aprender este libro de memoria, tú vas a tener que razonar el libro, desarrollar el raciocinio del estudiante desde que entra, que no tiene que memorizar. Una forma de hacerlo puede ser exponiendo... la forma de estudiar va a hacer que el alumno o entre ellos mismos que se consulten y entre ellos mismos se critiquen y que entre ellos mismos se desarrolle (investigador Centro de Ciencias de la Atmosfera).

Otra parte importante de los investigadores (50 por ciento) expresa la creencia de que los estudiantes aprenderán mejor si participan en las investigaciones. Esta idea del aprendiz, si bien puede resultar, efectivamente, en un mejor aprendizaje, y es deseable que ocurra en diversos momentos de la escolaridad de los alumnos, es claro que no puede, por sí sola, y dentro de un contexto escolar más amplio, resolver el problema del aprendizaje de los conocimientos científicos de los estudiantes.

Ejemplos de este tipo de ideas son:

Al ser la educación el principio de la investigación científica, es importante que el maestro sea capaz e inteligente para provocar que sus alumnos hagan investigación, pues éstos influyen para bien y para mal (investigador 2, Instituto de Matemáticas).

Otra forma de proporcionar una buena enseñanza de la ciencia es invitando a los estudiantes a participar en las investigaciones porque son materia gris, nueva ¿no? Inteligencia. Y ellos van a dar, a aprender, sacan provecho, ellos ven su tesis y nosotros también porque nos aportan la ayuda y es una ayuda mutua, es una especie de simbiosis, como dicen los biólogos (investigador 1, Instituto de Biología).

Otro conjunto de investigadores propone aspectos más comunes, como vincular a los alumnos con problemas cotidianos o despertar interés en los alumnos y hacer más simples o “didácticas” sus formas de enseñanza, que se entrenen en el método científico o simplemente ofrecer cursos propedéuticos.

Mi propuesta para mejorar la enseñanza de la ciencia es crear cursos propedéuticos (investigador 3, Instituto de Química).

Una propuesta para poder mejorar la enseñanza de la ciencia es relacionarla con la vida cotidiana, ya que, después de tratar de relacionar lo cotidiano con la teoría o desarrollo y darse cuenta que están agarraditos de la mano, que no hay grandes misterios atrás de eso... Un conecete de ese tipo sería ideal para que la gente dejara de tenerle miedo o aislamiento o distanciamiento hacia las ciencias (investigador 4, Instituto de Física).

Enseñar la ciencia de una forma más interactiva, hacer la ciencia más comprensible, y ello llevaría al aprendizaje (investigador 2, Instituto de Astronomía).

Que entiendan, aprecien y adopten el método científico, con muchísimos ejemplos, aprender a usar críticamente esos conocimientos, aprender a plantearse nuevas preguntas, aprender a enfocar cómo responder esas nuevas preguntas, eso es nuestra tarea como maestros (investigador 1, Instituto de Astronomía).

De toda la muestra son muy pocos los investigadores que reconocen que se requiere de asistencia de otros profesionales para su preparación, de evaluar lo que hacen y en general de que se requiere más preparación. A continuación se exponen los extractos de los únicos tres investigadores que expresaron alguna opinión en el sentido expuesto:

Una propuesta para mejorar la enseñanza de la ciencia es que haya personas preparadas para dar clase aún cuando no sean de la UNAM, lo que importa es que sea gente calificada para enseñar bien lo que saben hacer; también sería importante que a los maestros se les estimulara para que estén como voluntarios en proyectos del área en que dan clase,

porque aparte de ayudar les permite estar al tanto en los métodos, en la literatura, en tener algún asesor a su vez que hay, y con mucho gusto lo hacemos, y eso cambia el nivel en que él o ella va dar la clase (investigador 2, Instituto de Biología).

Para que haya una mejor enseñanza de la ciencia los investigadores que den clase deberían ser evaluados para que vayan a las aulas en una forma más efectiva, pero verdaderamente efectiva (investigador 2, Instituto de Física).

Es importante señalar que los astrónomos deberíamos ponernos las pilas y tomar más en serio el papel que es el verificar y constatar que la enseñanza de la astronomía se lleve a cabo, y para ello es importante enseñar primero a los profesores cómo dar clase para que puedan

enseñar bien a sus alumnos (investigador 2, Instituto de Astronomía).

La riqueza de experiencia, pero pobreza de propuestas de los investigadores nos llevan a sugerir que es necesario realizar en la Universidad un proyecto mucho más formal de lo que se ha hecho hasta ahora para abordar con docentes e investigadores las limitaciones detectadas así como las orientaciones propuestas; dicho proyecto tendría que implicar a profesores, investigadores y autoridades, quienes a partir de su trabajo pueden realizar cambios en bien de la enseñanza de la ciencia.

Tabla 2. Concentración de respuestas de los investigadores

Categorías de análisis	Contestó	Porcentaje
Ideas y perspectivas en la formación y actualización de profesores	1B, 2B, 4B, 1Q, 2Q, 3Q, 4Q, 1F, 2F, 3F, 4F, 2CN, 2M, 3M, 1CA, (15)	75
Vinculación-desvinculación docencia investigación	1B, 2B, 4B, 2Q, 3Q, 4Q, 1F, 4F (8)	40
Infraestructura y problemas de índole económica	4B, 1CA, 2M, 2F (4)	20
Obstáculos para la enseñanza de la ciencia	2F, 4F, 1B, 2B, 3B, 4B, 1A, 2Q, 4Q, 2M (10)	50
Propuestas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia	1B, 2B, 3B, 4B, 1Q, 2Q, 3Q, 4Q, 1F, 2F, 3F, 4F, 1CN, 2CN, 1M, 2M, 3M, 1CA, 1A, 2A (20)	100

Claves: el número indica el orden en el que se entrevistó y la letra el instituto o centro al que pertenece, ejemplo 1B = (investigador 1, Instituto de Biología)

CONCLUSIONES

De los resultados pueden derivarse diversas conclusiones que, sin embargo, son precisiones de un aspecto general y es que en la gran mayoría de los investigadores entrevistados puede apreciarse que ha habido muy poca reflexión en torno al problema educativo. Sus apreciaciones sobre los diversos tópicos que se resumen en las categorías con las que se agruparon sus respuestas, revelan una visión de sentido común con poco análisis. Esto es especialmente preocupante porque son personas que en su desarrollo académico, además de la interacción directa con estudiantes, sea en el salón de clases

o en sus tutorías, ocupan y/u ocuparán puestos donde la docencia, y en general la enseñanza, estarán determinadas por decisiones y acciones que serán emprendidas dentro del ámbito universitario. Algunas de estas ideas que no contribuyen a mejorar los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y que se derivan de los extractos de las entrevistas que se han presentado, son las siguientes:

El alumno es el único responsable de su aprendizaje. Ésta es una opinión común entre los profesores de enseñanza superior y en la mayoría de los investigadores entrevistados. Usualmente se encuentra en expresiones como: los alumnos no tienen interés, tienen

muchas deficiencias, requieren cursos prope-
déticos, son los responsables de su aprendi-
zaje, son pocos los que tienen talento, etc.

Debe relacionarse lo cotidiano con la teoría.
En esta oración que, en principio suena razonable, se esconde una visión ingenua de lo que implica el aprendizaje de los conocimientos científicos. En primer lugar, porque la relación entre los conocimientos científicos y los procesos cotidianos no es una relación simple: usualmente requiere de un buen nivel de comprensión conceptual para poder establecer una relación útil con fenómenos que por lo general son muy complejos. Pero, más importante que eso, presupone que los estudiantes podrán pasar desde un marco interpretativo común dominado por sus ideas previas (con las cuales funciona en su entorno cotidiano), con el conocimiento científico en el que funcionan en el entorno escolar.

Entre más sepa el profesor de su disciplina mejor enseñará. Ésta es otra idea común que, por más que se ha demostrado en la investigación educativa que es falsa, continúa en el ambiente de los profesores. Es claro que no se pretende decir que el conocimiento de la disciplina no sea un factor importante; de hecho es un factor necesario: entre mejor preparado, mejor comprenda el profesor los conceptos y sea parte del proceso de generación del conocimiento científico, tendrá más elementos para resolver posibles situaciones de aprendizaje. Pero esto ocurrirá sólo si es capaz de ver los problemas de aprendizaje de sus alumnos y si tiene los elementos educativos necesarios para hacerlo, lo cual implica no sólo conocer su disciplina sino una cuestión más interdisciplinaria entre el enfoque educativo y el conocimiento científico, además de una visión de ciencia y de aprendizaje acorde con ello, como se ha hecho notar en diversos estudios (Flores *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2006; Pozo y Flores, 2007).

Los experimentos son el mejor vehículo para enseñar ciencias. La experimentación es, desde luego, un factor muy importante que debe

saber tomarse en cuenta en los procesos de enseñanza de la ciencia. Sin embargo, como se ha mostrado (Hodson, 1999), no es suficiente y, además, una experimentación combinada con ideas ingenuas y empiristas del conocimiento científico puede llevar a los alumnos a situaciones inocuas, en el mejor de los casos, para aprender los conocimientos científicos, como ocurre en la mayoría de las aulas universitarias y preuniversitarias (Flores *et al.*, 2007; García y Garritz, 2006).

Lo único que requieren los alumnos es estar motivados. Ésta es otra idea común que ha mostrado su ineeficacia. La motivación es uno de los factores que se invocan como mecanismos disparadores del aprendizaje; sin embargo, sin restarle importancia, no hay suficientes y contundentes estudios que hagan ver que un alumno motivado funciona cognitivamente mejor que otro menos entusiasmado, pues no se toman en cuenta los elementos previos con los que cuenta para la comprensión más allá del entusiasmo. Hay ejemplos claros (Duit, 1999) de que no hay una relación uno a uno entre comprensión y motivación.

Aunque los elementos descritos no agotan todas las ideas ingenuas que tienen los investigadores sobre los procesos y problemas del aprendizaje de los conocimientos científicos, son una clara muestra de la necesidad de que, dentro del ámbito de la universidad, se tome más en cuenta que la educación en ciencias no es un factor que pueda resolverse por sentido común, y que, por lo tanto, requiere de atención especializada, de proveer a los profesores e investigadores de elementos para comprender mejor el problema que tienen entre manos cuando enseñan ciencia.

Relacionado con las ideas de sentido común descritas se encuentra que los investigadores no han tenido en su preparación elementos que les provean de aspectos educativos (cosa que es un problema estructural de la universidad) pero también deja ver una idea dañina para mejorar la enseñanza y es que los investigadores en general no aprecian el trabajo

de investigación en la educación: suponen que entre mejores científicos sean, mejores profesores serán, y no les preocupa informarse sobre los hallazgos en el campo de la enseñanza de la ciencia. Esto resulta poco entendible cuando sabemos que los investigadores realizan los esfuerzos necesarios para comprender y resolver los problemas de investigación de sus disciplinas, por lo que no puede aducirse que no cuentan con los elementos básicos para buscar información y detectar cuál les puede ser más útil o informarles mejor de la problemática de la enseñanza de la ciencia.

Como una muestra del pensamiento típico de los investigadores con relación a algunas de las consideraciones expuestas está el siguiente fragmento.

Las condiciones de la UNAM son buenas para formar futuros científicos pero esas condiciones no se utilizan bien, no son optimizadas, de igual manera hay muchos seminarios, seminarios, seminarios, no veo resultados. Considero que los alumnos no tienen ningún interés en aprender ciencia, ese es el principal problema, no son todos, a propósito conozco dos o tres estudiantes en el campo que son verdaderos futuros científicos, pero a esto se debe que no haya aprendizaje de la ciencia (investigador 1, Instituto de Ciencias Nucleares).

¿Están lejos los investigadores de los enfoques y perspectivas actuales de la enseñanza de la ciencia?

Como podrá apreciarse del breve apartado sobre la investigación en enseñanza de la ciencia de los últimos años, los investigadores del área de ciencias no presentan elementos que puedan inducir a pensar que la enseñanza de la ciencia universitaria se encuentra cerca de la investigación educativa en esta área; por el contrario, parecen ignorarla por completo. Esto hace necesario un esfuerzo compartido de acercamiento entre investigadores en la enseñanza de la ciencia y los investigadores disciplinarios, pero también un esfuerzo institucional para la formación de sus propios docentes, no sólo como ocurre actualmente en el nivel medio superior

con programas como la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) sino también en el nivel universitario. Sería poco conveniente suponer que en este nivel no existen problemas de comprensión por parte de los alumnos semejantes a lo que ocurre en otros niveles educativos.

¿Es esta situación problema solamente de los investigadores de la muestra?

Esta colección de problemas de visión en torno a la enseñanza y aprendizaje de los investigadores no es sorprendente si se relaciona con otro tipo de elementos como sus concepciones en torno a la naturaleza de la ciencia que hemos reportado previamente (Alvarado y Flores, 2001; Alvarado, 2004, 2005, 2006) y que son congruentes con lo que se ha investigado internacionalmente sobre los profesores de ciencias, como se ha indicado en la presentación de este trabajo.

Los estudios sobre los profesores de ciencia han arrojado aspectos como son: 1) la ausencia de una reflexión en cuanto a su quehacer académico, sea de investigación o de docencia, así como respecto de su concepción de ciencia, que usualmente se encuentra lejos de las concepciones actuales sobre la naturaleza de la ciencia; 2) la ausencia de una formación pedagógica y disciplinaria que los guíe en su ejercicio académico; 3) el no considerar necesaria e importante una actualización curricular y pedagógica; 4) “Considerar innecesaria la discusión y análisis de las concepciones de ciencia, así como el desarrollo histórico de la ciencia” (Chamizo, 2006: 236); 5) considerar que son las ausencias de los alumnos, o bien de colegas, las que hacen que la enseñanza de la ciencia tenga limitaciones.

Se hace necesario avanzar en la construcción colectiva e interdisciplinaria hacia una propuesta crítica de la tarea del aula que, además de ilustrar sobre la complejidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje, dé cuenta de los medios para transformarla (Martín del Pozo *et al.*, 1995: 28).

REFERENCIAS

- AGUIRRE, J.M., S. Haggerty y C.J. Linder (1990), "Student-teachers' Conceptions of Science, Teaching and Learning: A case study in pre-service science education", *International Journal of Science Education*, vol. 12, núm. 4, pp. 381-390.
- AIKENHEAD, G. y A. Ryan (1992), "The Development of a New Instrument: "Views on Science-Technology-Society"(VOSTS), *Science Education*, vol. 76, núm. 5, pp. 477-491.
- ALVARADO, R.M.E. (1989), "Propuesta didáctica para la formación de docentes en una disciplina", *Perfiles Educativos*, enero-junio, pp. 62-67.
- ALVARADO, R.M.E. (1998), *La concepción de la ciencia en la UNAM. Su enseñanza*, Tesis de Maestría, México, UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, División de Posgrado.
- ALVARADO, R.M.E. (2000), "Concepciones de ciencia en la universidad. Su enseñanza", en Memorias del Encuentro Re-conociendo la Universidad, sus transformaciones y su por-venir. Colección Educación Superior Nueva Edición, tomo IV: *La universidad y sus modos de conocimiento: retos del porvenir*, México, UNAM-CEIICH, pp. 31-71.
- ALVARADO, R.M.E. (2004), "Una estrategia metodológica para el análisis de las concepciones de ciencia", *Jornadas Anuales de Investigación 2004*, UNAM-CEIICH, pp. 221-224.
- ALVARADO, R.M.E. (2005), *Desarrollo y concepciones de ciencia en la UNAM*, Tesis de Doctorado, México, UNAM-Facultad de Filosofía y Letras-División de Estudios de Posgrado.
- ALVARADO, R.M.E. (2006), "Estado actual de la enseñanza de la ciencia", *Memorias Jornadas Anuales de Investigación 2005*, México, pp. 351-360.
- ALVARADO, M.E. y F. Flores (2001), "Concepciones de ciencia de investigadores de la UNAM. Implicaciones para la enseñanza de la ciencia", *Perfiles Educativos*, vol. XXIII, núm. 92, pp. 32-53.
- BARUFALDI, J., L. Bethel y W. Lamb (1977), "The Effect of a Science Methods Course on the Philosophical View of Science among Elementary Education Majors", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 14, núm. 4, pp. 289-294.
- BONILLA, X. (2003), *Concepciones epistemológicas de aprendizaje y evaluación de los docentes de ciencias naturales de la Escuela Normal Superior de México*, Tesis de Maestría, México, UPN.
- CAMPANARIO, J.M. (2003), "Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 21, núm. 2, pp. 319-328.
- CAMPANARIO, J. y A. Moya (1999), "¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas", *Enseñanza de las ciencias*, vol. 17, núm. 2, pp. 179-192.
- CAREY, R.L. y N. Stauss (1968), "An Analysis of the Understanding of the Nature of Science by Prospective Secondary Science Teachers", *Science Education*, núm. 52, pp. 358-363.
- CARRASCOSA, J. (1987), *Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias, de los errores conceptuales*, Tesis de Doctorado, Servei de Publicacions de la Universitat de València, en: <http://www.campus-oei.org/oei-virt/gil03.htm> (consulta: 22 de abril de 2009).
- CHAMIZO, J.A. (2006), "La enseñanza de las ciencias en México. El paradójico papel central del profesor", *Educación química*, vol. 11, núm. 1, pp. 132-136.
- COLL, C. (1987), *Psicología y currículum*, Barcelona, Edit. Laia.
- DUIT, R. (1999), "Conceptual Change Approaches in Science Education", en W. Schnott, S. Vosniadou y M. Carretero (eds.), *New Perspectives on Conceptual Change*, Oxford, Pergamon, pp. 263-282.
- DUIT, R. y D.F. Treagust (1998), "Learning in Science: From Behaviorism towards Social Constructivism and beyond", en B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*, Dordrecht, Kluwer, pp. 3-15.
- DUSCHL, R.A. (1990), "Restructuring Science Education: The importance of theories and their development", *Teachers College Press*, New York.
- DUSCHL, R.A. y E. Wright (1989), "A Case Study of School Teachers' Decision Making Models for Planning and Teaching Science", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 26, núm. 6, pp. 467-501.
- FERNÁNDEZ, I., D. Gil, A. Vilches, P. Valdés, A. Cachapuz, J. Praia y J. Salinas (2003). "El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 2, núm. 3, en: www.saum.uvigo.es/reec/ (consulta: 16 de mayo de 2009).
- FLORES, F. (2004), "El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas", *Educación Química*, núm. 15, pp. 256-269.
- FLORES, F., A. López, L. Gallegos y J. Barojas (2000), "Transforming Science and Learning Concepts of Physics Teachers", *Science Education*, vol. 22, núm. 2, pp. 197-208.
- FLORES, F., L. Gallegos, A. García, M. Cruz, B. García, M. Vega, L.I. López y F. Reyes, (2004), "Conocimientos básicos e imagen de la ciencia de los profesores de ciencia de secundaria", Reporte de investigación, México, UNAM/SEP.
- FLORES, F., L. Gallegos, X. Bonilla, F. Reyes, M. Cruz, Ma. Alvarado, B. García, L.I. López y N. Ulloa (2006), "Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores de ciencias naturales", Reporte de investigación, SEPSEByN-2003-C01-8 y SEB/SEP-CCADET/UNAM.

- FLORES, F., L. Gallegos, A. García, E. Vega, B. García y Rivera (2007), "Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de los profesores de Biología del nivel secundario", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 12, núm. 32, pp. 359-380.
- GALLEGOS, C.L., C.F. Flores y A.S. Valdés (2004), "Transformación de la enseñanza de la ciencia en profesores de secundaria. Efectos de los cursos nacionales de actualización", *Perfiles Educativos*, vol. XXVI, núm. 103, pp. 7-37.
- GALLEGOS, L. (2002), *Comparaciones entre la evolución de los conceptos históricos y las ideas de los estudiantes: el modelo de la estructura de la materia*, Tesis de Doctorado, México, UNAM.
- GARCÍA, F.A. y R.A. Garritz (2006), "Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 24, núm. 1, pp. 11-24.
- GIL, D. (1983), "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1, núm. 1, pp. 26-33.
- GIL, D. y R. Rico (2003), "Concepciones y creencias del profesorado de secundaria sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 21, núm. 1, pp. 27-47.
- GIORDAN, A. (1985), "Interés didáctico de los errores de los alumnos", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, núm. 1, pp. 11-17.
- HODSON, D. (1999), "Trabajo de laboratorio como método científico: tres décadas de confusión y distorsión", *Revista de Estudios del Currículum*, vol. 2, núm. 2, pp. 52-83.
- KIMBAL, M.E. (1968), "Understanding the Nature of Science: A comparison of scientist and science teachers", *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 2, pp. 3-6.
- LEDERMAN, N. (1992), "Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: Do they really influence teacher behavior?", *Science Education*, núm. 71, pp. 721-734.
- LEDERMAN, N. (1983), "Delineating Classroom, Variables Related to Students' Conceptions of the Nature of Science", *Dissertations Abstracts International*, vol. 45, núm. 483 A (University Microfilms núm. 84-10, 728).
- LEDERMAN, N. (2007), "Nature of Science: Past, present, and future", en S. Abell y N. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, pp. 831-880.
- LEDERMAN, Abd, F. El Khalick, R.L. Belly R. Schwartz (2002), "ViewsofNatureofScienceQuestionnaire: Toward valid meaningful assessments of learners conceptions of nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 39, núm. 6, pp. 497-521.
- LÓPEZ, A., F. Flores y L. Gallegos (2000), "La formación de docentes en Física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 5, núm. 9, pp. 113-135.
- MARTÍNEZ del Pozo, R., A. Rivero, A. Porlán, G. Martín y M.P. Azcárate (1996), "Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios formativos", *Investigación en las Escuelas*, núm. 29, pp. 23-38.
- MARTÍNEZ Losada, C., S. García Barros y M. Mondelo Alonso (1993), "Las ideas de los profesores de ciencias sobre la formación docente", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, núm. 1, pp. 26-30.
- NOTT, M. y J. Wellington (1998), "Eliciting, Interpreting and Developing Teachers' Understandings of the Nature of Science", *Science & Education*, vol. 7, núm. 6, pp. 579-594.
- NOVAK, Joseph D. (1991), "Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 9, núm. 3, pp. 215-228.
- OGUNNIYI, M. y M. Pella (1980), "Conceptualizations of Scientific Concepts, Laws and Theories held by Kware State, Secondary School Science Teachers", *Science Educations*, núm. 64, pp. 591-599.
- PALMQUIST, B. C. y F. Finley (1997), "Pre-service Teachers' Views of the Nature of Science during a Post Baccalaureate Science Teaching Program", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 34, núm. 6, pp. 595-615.
- Pozo, I. y M.A. Gómez-Crespo (2004), *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Madrid, Morata.
- Pozo, J. I., y F. Flores (2007), *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*, Madrid, Antonio Machado libros.
- RAMÍREZ, G.J. (2003), *Las representaciones epistemológicas de los profesores sobre la ciencia y sus implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en la perspectiva del cambio conceptual*, Tesis de Doctorado, México, UNAM-Facultad de Filosofía y Letras-División de Posgrado.
- RAMPAL, A. (1992), "Images of Science and Scientist: A study of school teachers' views I: Characteristics of scientists", *Science Education*, núm. 76, pp. 415-436.
- RODRÍGUEZ, D. y A. López (2006), "¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje en el aula? Tres estudios de profesores de secundaria", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 11, núm. 31, pp. 1307-1335.

- ROTH, W. y K. Lucas (1997), "From 'Truth' to 'Invented Reality': A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge", *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 34, pp. 145-179.
- ROWELL, J. A. y F. Cawthon (1982), "Images of Science: An empirical study", *European Journal of Science Education*, vol. 4, núm. 1, pp. 79-94.
- RUBBA, P., J. Horner y J. Smith (1981), "A Study of Two Misconceptions about the Nature of Science among Junior High School Students", *School Science and Mathematics*, núm. 81, pp. 221-226.
- RYDER, L., J. Leach y R. Driver (1999), "Undergraduate Science Students' Images of Science", *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 36, pp. 201-219.
- SALCEDO, T., M. Jessup y P. Neichev, (1996), "Evaluación en la enseñanza de las ciencias", *Educación y Cultura*, núm. 39, pp. 17-23.
- SHULMAN, L.S. (1986), "Those Who Understand: Knowledge growth in teaching", *Educational Researcher*, vol. 15, núm. 2, pp. 4-14.
- TSAI, Ch. (2002), "Nested Epistemologies: Science teachers, belief of teaching", *Learning and Science*, núm. 24, pp. 771- 783.