

# Aportes de la Investigación Educativa y Retos Actuales de la Enseñanza de la Física

ANTONIA  
CANDELA\*

La enseñanza de la ciencia, y en particular de la física, en el ámbito de educación básica es un tema que no es novedoso en nuestro país ni en el nivel internacional. A principios del siglo pasado gracias a la importancia política que adquirieron los científicos durante el gobierno de Porfirio Díaz se hicieron a múltiples propuestas sobre enseñanza de las ciencias en el nivel elemental lo cual representó una innovación importante. Sin embargo estas propuestas estaban marcadas por una mirada positivista que pretendía que el simple planteamiento del conocimiento de la ciencia, descrito de manera sencilla y con un lenguaje accesible para los niños/as y los docentes podría asegurar su apropiación y con ello la posibilidad de comprender el mundo desde una perspectiva científica.

*\*Pasante de doctorado en física molecular por la UNAM, maestría y doctorado en ciencias, con especialidad en investigación educativa, en el CINVESTAV. Participó en la elaboración de los Libros de Texto Gratuitos de Ciencias Naturales de la Reforma de los años 70, desde entonces, ha sido autora y colaboradora de treinta materiales didácticos de uso nacional en la enseñanza de las ciencias naturales a nivel básico. Actualmente es Jefa del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV.*

A partir de los años 70 se han planteado diversas reformas en la educación básica sobre las que haré algunos comentarios a lo largo de este artículo a la luz de los aportes de la investigación educativa, así como de las necesidades de los jóvenes en nuestro tiempo. Con esta intención divido el trabajo en tres partes; en la primera abordo algunos aspectos que se deben considerar para decidir qué enseñar. En la segunda parte me centraré en cómo enseñar

la física, para lo cual tomo en cuenta los avances de la investigación educativa. Y en la tercera parte planteo algunas de las conclusiones obtenidas como resultado de mi investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula, que considero que es necesario conocer y asumir como referencia indispensable en la elaboración de cualquier propuesta de mejoramiento de la enseñanza de la física que pretenda tener viabilidad en la práctica educativa. A lo largo del trabajo se sostiene la tesis de que en el siglo XXI no es posible pretender influir sobre un fenómeno social como es el educativo sin conocer y tomar en cuenta al menos algunos de los complejos factores sociales y culturales que influyen sobre las escuelas y su quehacer cotidiano.

En este trabajo tomo en cuenta que la ciencia en el nivel de educación básica, que es en donde se centra mi experiencia de investigación educativa, se enseña con un enfoque interdisciplinario más que con uno disciplinario. Por lo anterior, en muchas ocasiones me referiré a la ciencia y no sólo a la física, asumiendo que lo planteado para la ciencia es también válido para la física como parte indispensable y central de ésta, al ser la disciplina que establece las leyes de la naturaleza.

Actualidad e importancia de la enseñanza de la física

La enseñanza de la ciencia y de la tecnología puede ser un medio para desarrollar la capacidad analítica, para ayudar a comprender los fenómenos del mundo natural y ubicarse frente a él, respetando las necesidades de todos los seres vivos. Asimismo la sistematicidad, el rigor y la verificabilidad del conocimiento científico pueden contribuir al desarrollo de una actitud crítica frente al conocimiento, valorando aquellas ideas que es posible poner a prueba. Para desarrollar esa actitud científica es importante que la enseñanza de las ideas básicas que sustentan las interpretaciones físicas del mundo, se realice de manera reflexiva, por medio del razonamiento y a través de argumentaciones sobre las interpretaciones cotidianas, las científicas y las provenientes de diversas culturas.

Se pretende así, analizar la capacidad relativa de cada una de estas interpretaciones para explicar los diferentes fenómenos naturales según sean los propósitos que se persigan y el contexto en el que se planteen. Para desarrollar el razonamiento y el análisis de los fenómenos físicos es muy útil hacer actividades experimentales que permitan a los alumnos/as tener un referente alternativo a la palabra del maestro/a o a los textos escritos, así como a su propia experiencia. La actitud científica que se desarrolla al cuestionar las concepciones propias y al tratar de argumentar sobre la mayor o menor capacidad explicativa de una concepción sobre otra, es importante en la formación de un individuo por su contribución al desarrollo de una forma reflexiva y analítica de comprender el mundo. Sin embargo, en la actualidad a todos estos elementos que justifican la relevancia de la enseñanza de la ciencia, se añaden otros como son la posibilidad de comprender la ciencia y la tecnología que están presentes cotidianamente en nuestro entorno individual y social, para poder utilizarlas de forma crítica.

La ciencia y la tecnología se han convertido en un instrumento de poder de gran presencia

en la vida moderna y es conveniente que este poder se transfiera en parte a los ciudadanos otorgándoles capacidad de decisión frente al uso y abuso de las mismas. Para esto es necesario que ellos comprendan y ubiquen la ciencia y la tecnología en una perspectiva histórica, humanística y ecológica. Esto es, que se den cuenta que la ciencia surge como respuesta a una serie de problemas planteados por la sociedad en condiciones particulares y en un periodo histórico determinado, que no es la única forma legítima de explicar los fenómenos naturales y que los efectos de estos desarrollos no son homogéneos.

Se pueden identificar aquellos avances y aplicaciones que representan un beneficio para la humanidad pero también aquellos otros que aun representando un beneficio para algunos sectores sociales, pueden afectar la calidad de vida de otros, por lo general los más desfavorecidos, así como la sobrevivencia de especies animales y vegetales de nuestro planeta. Por ejemplo, es frecuente que algunas decisiones, como cultivar con transgénicos, se tomen a partir de los intereses de los productores de estas semillas y de los agricultores que tienen los recursos para adquirirlas y así obtener mejores cosechas basadas en el monocultivo en el corto plazo. Sin embargo, estos cultivos pueden afectar la tierra de tal manera que a la larga no sea posible sembrar otros productos y, en consecuencia, alteran el entorno ecológico. Además, estas semillas no pueden reproducirse a partir de las que desarrolla directamente la planta, lo cual genera dependencia de los agricultores hacia las compañías que las producen. Estas características de las semillas transgénicas pueden afectar a grandes sectores de campesinos que en nuestro país mantienen formas tradicionales de producción agrícola más sustentables, sobre la base de cultivos combinados.

La necesidad de formar una conciencia ciudadana y una actitud crítica con responsabilidad social, en la toma de decisiones sobre el uso de la ciencia y la tecnología en la sociedad y para la resolución de problemas sociales, es planteada desde hace varias décadas por los enfoques

denominados de Ciencia–Tecnología–Sociedad (CTS) (Aikenhead, 1994; Bybee, 1987; Solomon, 1993). Sin embargo también es necesario que los alumnos/as se den cuenta de que el efecto de las acciones de distintos actores sociales sobre los problemas no es el mismo. Los sectores con más poder y recursos tienen mayor responsabilidad en la resolución de los problemas sociales relacionados con la ciencia y la tecnología.

Por otro lado, también es conveniente mostrar a los alumnos/as que en la actualidad existen diferentes tipos de desarrollos científicos y tecnológicos que responden a intereses sociales alternativos, a veces complementarios y en otros casos incluso antagónicos, y los efectos diversos que cada uno de ellos tiene sobre la sociedad. Para comprender estas relaciones dialécticas de la ciencia y la tecnología con la sociedad, es conveniente analizarlas a lo largo de la historia ya que una perspectiva de mayor amplitud en el tiempo permite ver con más claridad los efectos de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad así como el efecto de la estructura de poder social sobre la ciencia y la tecnología. Esa perspectiva histórica en la enseñanza de la física es presentada con más frecuencia en la enseñanza universitaria, sobre todo en la UNAM, que en la educación media y básica en nuestro país.

Aunque en los libros de texto de Ciencias Naturales de educación primaria de los años 70 ya se planteaba la influencia de la ciencia sobre la sociedad y viceversa, como lo plantean las perspectivas CTS, en los actuales textos para primaria y en la propuesta oficial de cambio de programas para la educación secundaria (RIES), los aspectos sociales todavía son considerados de manera muy parcial. Los programas de secundaria propuestos tienden al enciclopedismo al plantear tal cantidad de contenidos que su puesta en operación no permitiría que en el aula se contara con el tiempo necesario para razonar sobre ellos y sobre su relación con los problemas sociales.

Por otro lado, es necesario tener conciencia de que la física, como parte central de la ciencia, y la tecnología, tienen un efecto muy fuerte sobre la vida social y sobre la cultura de los

*La física, como parte central de la ciencia, y la tecnología, tienen un efecto muy fuerte sobre la vida social y sobre la cultura de los pueblos*

pueblos, por lo que también es necesario que la enseñanza de la ciencia procure no afectar los mejores valores de nuestra identidad cultural. Una mirada histórica y antropológica a la ciencia y a nuestra cultura es indispensable para mantener lo mejor de las herencias culturales y por tanto fortalecer la identidad cultural que nos conforma sin poner la ciencia por encima de otras formas de construir conocimiento de manera que las anule o las degrade en el ámbito social.

Es necesario relativizar los alcances de la ciencia y revalorar otras formas de conocimiento, como es el de nuestras culturas indígenas ancestrales, como parte de nuestra identidad y para reconocer muchas de sus grandes aportaciones al conocimiento de la humanidad (en la astronomía, las matemáticas, la agricultura, la ingeniería hidráulica, la arquitectura, la herbolaria, la salud, la alimentación, entre otros), que han demostrado a lo largo de la historia su validez y que han sido fundamentales para la sobrevivencia de la especie humana y de otras especies animales y vegetales. Por ejemplo, es importante transmitir el valor de la cosmovisión indígena que asume un respeto por la naturaleza y que ha permitido un desarrollo más sustentable que el que propicia la forma de explotación de la naturaleza que domina actualmente. Otro ejemplo, es la conveniencia de tomar en cuenta que existen diferentes concepciones de salud y de atención a la misma como son la acupuntura, la herbolaria, la homeopatía y otras que han demostrado su pertinencia y validez en grandes sectores de la humanidad, sin dejar por ello de reconocer los grandes aportes de la medicina alopática a la solución de muchos problemas de salud.

Un enfoque intercultural de la enseñanza de la ciencia debe valorar la importancia del conocimiento científico en una perspectiva que recoja también y valore lo más importante del conocimiento desarrollado a lo largo de milenios por diferentes culturas de la humanidad y, en particular, por nuestra rica cultura mexicana. El desarrollo de currículos de enseñanza de la

física con un enfoque intercultural, así como la conveniencia de incluir consideraciones sobre los diversos efectos que pueden provocar ciertos desarrollos científicos y tecnológicos sobre diferentes sectores de la población y sobre el medio ambiente, son algunos de los retos que todavía no están satisfechos en la enseñanza de la ciencia ni de la física.

### Cómo enseñar física: aportaciones desde la investigación educativa

El lanzamiento del Sputnik soviético en los años 60 desencadenó en el mundo occidental una serie de reformas educativas con el propósito de mejorar la enseñanza de la ciencia, sobre todo en lo que respecta a la forma de enseñar, más que a qué enseñar. Este lanzamiento parecía mostrar un evidente atraso en la formación científica de la población como componente de una cultura general y como base desde donde poder seleccionar mejor a aquellos que se formarían como científicos. Importantes psicólogos y científicos se reunieron en Estados Unidos para plantear y difundir al mundo lo que se llamó la enseñanza de la ciencia por descubrimiento (Bruner, 1962).

Se consideraba que era necesario modificar la enseñanza tradicional basada en la transmisión verbal de los contenidos científicos y centrar la enseñanza en los alumnos/as, formando en ellos una actitud científica basada en la aplicación del llamado “método científico”. Se planteaba que a partir de realizar actividades experimentales los niños/as podían llegar a las ideas básicas de la ciencia. Reformas en las que estuvieron involucrados científicos de alto nivel en todo el mundo occidental, llevaron a realizar nuevos materiales didácticos en los años 60 y los 70 para la enseñanza de la ciencia en la educación básica y de la física en la educación media y superior.

En nuestro país esta necesidad de renovación planteada en el mundo occidental fue uno de los referentes de la reforma educativa que se realizó en los años 70, y que condujo

a una nueva perspectiva en la enseñanza de la ciencia presentada en los nuevos libros de texto oficiales de Ciencias Naturales para la educación primaria. En ellos se modificó el enfoque centrado en la información de los llamados “libros de texto de la Patria”, que fueron desarrollados en el sexenio de López Mateos.

En los textos de los 70, que estuvieron vigentes durante 25 años, se tomaron algunos planteamientos de la nueva perspectiva, como el que la enseñanza no tomara como eje central el contenido sino que se centrara en los niños/as como sujetos de aprendizaje y que se apoyara de manera importante en el trabajo experimental, para que éstos elaboraran sus propias explicaciones sobre los fenómenos naturales. Pero se combinó este enfoque con información sobre la explicación de la ciencia sobre los fenómenos estudiados, planteando su relación con procesos sociales y con la vida cotidiana. Otro aspecto importante que estos textos reflejaban es la variedad y la riqueza de paisajes, costumbres, rasgos y conocimientos del mosaico nacional. Los textos actuales para la educación primaria mantienen esta perspectiva experimental, pero proponen un currículo mucho más cargado de información y temas que en la práctica conducen a la necesidad de trabajar de manera más informativa y menos reflexiva, por la falta de tiempo “para cubrir el programa”.

En el nivel internacional se mostró que con el enfoque centrado exclusivamente en la enseñanza por descubrimiento los niños/as aprendieron poco de la materia y menos aún del contenido (Ausubel, 1978). Para una investigación más detallada de las corrientes de investigación en enseñanza de las ciencias véase Candela (1991). El fracaso de estas innovaciones se atribuyó, entre otros factores, a su concepción empirista de la ciencia que se basa en la supuesta objetividad de la observación y en el mito del “método científico” como el procedimiento para llegar a las “verdades” de la ciencia. Se suponía que con sólo observar un experimento cualquier sujeto podría llegar a las mismas ideas básicas con las que se explicaba científicamente el fenómeno.

*El desarrollo de currículos de enseñanza de la física con un enfoque intercultural, es uno de los retos que todavía no está satisfecho en la enseñanza de la ciencia ni de la física.*

Actualmente se considera que es necesario aportar información a los alumnos/as sobre la interpretación que se hace desde la ciencia de los fenómenos físicos, ya que no es posible que ellos elaboren todos los aspectos de estas interpretaciones de manera autónoma. Sin embargo, lo que se ha mantenido como una aportación importante de las orientaciones didácticas planteadas en esa época, es la necesidad de centrar el trabajo en la construcción del conocimiento de los alumnos a través de realizar trabajo experimental y de enseñar la física y la ciencia de manera reflexiva a partir del desarrollo de una actitud científica de buscar explicaciones plausibles y coherentes sobre los fenómenos naturales.

La segunda influencia de gran importancia en los enfoques que pretendían renovar la enseñanza de la física, así como las demás ciencias naturales, que se manifestó a partir de los años 70 y sobre todo de los 80, fue el enfoque de la psicología genética de Jean Piaget. Este epistemólogo mostró que los alumnos/as construyen sus propias concepciones del mundo físico (constructivismo), mismas que con frecuencia no coinciden con las de la ciencia, y que a partir de ellas interpretan lo que observan. Como consecuencia de la influencia del trabajo de Piaget sobre la forma en la que los niños/as construyen el conocimiento, se ha realizado gran cantidad de investigaciones experimentales para determinar lo que son las “concepciones”, “representaciones” o “ideas” que tienen los niños/as de diferentes edades sobre los fenómenos físicos.

El planteamiento de que hay que partir de las ideas previas de los alumnos/as para intentar modificarlas por concepciones más cercanas a las de la ciencia, ha tenido una enorme influencia en la enseñanza actual de la física y sobre todo de la ciencia en el nivel de educación básica, desarrollándose dentro de la línea de didáctica de la ciencia. Con este propósito se han elaborado muchos materiales y propuestas basados en lo que se ha llamado “aprendizaje como cambio conceptual”, a través de los cuales se pretende generar conflictos en la interpretación de los niños/as para que modifiquen sus ideas “erróneas” desde el punto de vista de la ciencia. Empero,

en la actualidad puede decirse que estas propuestas tampoco han tenido gran influencia en la práctica de enseñanza en los salones de clase de educación básica y muchos de los autores que las desarrollaron en sus inicios aceptan que están en crisis.

Algunas de las principales razones por las que estos modelos de enseñanza de la física y de la ciencia por medio del cambio conceptual no han tenido la efectividad esperada son las siguientes:

- Asumen que tenemos concepciones únicas sobre los fenómenos físicos y que si estas concepciones que se usan en la vida cotidiana, se cambian por medio de un experimento o de una explicación científica, desaparecen de manera permanente. La investigación psicológica y antropológica ha demostrado ampliamente desde los años 70 (Cicourel, 1974; Bruner, 1984; Coll, 1984) que las concepciones dependen del contexto social en el que se manifiestan. Tanto los niños/as como de los adultos escolarizados o no, e incluso los propios científicos siguen usando concepciones alternativas culturales e incluso religiosas o mágicas, en los contextos cotidianos en los que éstas son pertinentes.
- Asumen que los sujetos construyen el conocimiento de forma individual al relacionarse con los fenómenos físicos y no en un proceso social en donde las contribuciones de los pares y la guía de un experto son parte básica del proceso social de construcción del conocimiento (Vygotsky, 1984), como ocurre, en particular, en un contexto como es el escolar.
- No se toma en cuenta que la ciencia es una construcción cultural que le ha tomado siglos a la humanidad y que no puede ser totalmente reconstruida por los alumnos/as ya que ellos no pueden reelaborar las explicaciones que da la ciencia por medio sólo de la reflexión y de las actividades experimentales.
- No toman en cuenta las características institucionales de la escuela y las condiciones de trabajo en esa institución, entre las cuales



está también la formación de los maestros/as y las prácticas docentes que por tradición han probado su eficacia en ese contexto particular con sus normas, posibilidades y condicionantes.

Como respuesta a los primeros cuestionamientos planteados, cada vez existe mayor consenso en que no se debe pretender que los alumnos/as tengan una representación única sobre los conceptos, ya que las diferentes representaciones tienen espacios y contextos de uso diferentes y pueden tener mayor o menor efectividad según el contexto de uso (Pozo y Crespo, 1998).

Si se asume que los alumnos/as no pueden construir por sí mismos la interpretación científica de los fenómenos físicos, entonces, además de realizar actividades experimentales y tratar de explicar los fenómenos para desarrollar actitudes científicas, también es necesario que los niños/as dispongan de la información sobre la interpretación que da la ciencia a estos fenómenos. Esto sólo se puede hacer si se comunica por medio del lenguaje la forma en que la ciencia nombra y explica los fenómenos naturales (Lemke, 1990). Por tanto, el lenguaje, y no sólo la actividad, cobra importancia como elemento adicional para ser tomado en cuenta en las propuestas de enseñanza de la ciencia (Sutton, 1992).

Hoy en día a la importancia de realizar actividades experimentales y de transmitir verbalmente las explicaciones que da la ciencia a los fenómenos naturales, se añade la relevancia de tomar en cuenta la comunicación a través del lenguaje visual y de otras formas de comunicación no verbal como el lenguaje corporal, gestual y la comunicación de emociones, de motivaciones y de significados que se transmite por vía afectiva. Estos aspectos son los que en la actualidad abren un campo de investigación y desarrollo denominado comunicación multimodal que tiene gran importancia para la enseñanza de la ciencia (Krees et al., 2001).

Otro de los elementos que todavía se mantiene como un reto para las propuestas que pretenden mejorar la enseñanza de la física y de

la ciencia en general, es el de tomar en cuenta la manera como se enseña en las aulas de todos los niveles escolares. Esta necesidad parte de la evidencia de que el aprendizaje depende del contexto en el que ocurre y que, por tanto, no se construye el conocimiento igual en la escuela que en otros contextos menos formales. Por eso es necesario contar con estudios de las características de la interacción en las aulas escolares como punto de partida indispensable (lo que en física se definiría como las “condiciones iniciales”) para determinar la mejor manera de influir sobre la relación discursiva entre los maestros/as y los alumnos/as y que las propuestas tengan un efecto significativo sobre las prácticas de enseñanza y sobre el aprendizaje de los alumnos/as. Todos los factores arriba expuestos, y su forma de interrelacionarse en un contexto como el escolar, deben ser considerados en la actualidad para producir material didáctico y para elaborar propuestas de enseñanza de la ciencia, que estén a la altura de lo más avanzado en este campo.

Algunas consideraciones derivadas de la investigación de la enseñanza de las ciencias en las aulas escolares

El trabajo etnográfico de observación y análisis de clases de ciencias en las escuelas primarias sobre el que se basa la mayor parte de los comentarios de este apartado, ha sido realizado durante ya casi 20 años, sobre todo en escuelas públicas rurales y en escuelas públicas urbanas de zonas marginales de la ciudad de México, por considerar que éstas son más representativas de lo que pueden ser las condiciones generales de trabajo escolar en nuestro país. Algunas reflexiones iniciales también se obtuvieron de observaciones de clases de física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de México, hace unos pocos años.

A continuación se presentan algunas características de la relación establecida entre el maestro/a, los alumnos/as y el contenido, en los momentos donde se confrontan puntos de vista distintos. Se pretende desentrañar algunas características

de las normas implícitas y explícitas que operan entre los alumnos/as y el maestro/a en los espacios de expresión de opiniones alternativas.

Existen diferencias en la forma de transmitir los contenidos de ciencias naturales, que dependen, por una parte, de las características de la institución escolar y del medio social y cultural en el que se trabaje y, por otra, de las características del grupo de niños/as, de los estilos docentes, de la concepción que tiene cada maestro/a sobre lo que es enseñar y aprender, de su concepción sobre la ciencia y su enseñanza, de los espacios de participación que se pueden abrir en el trabajo experimental, de la experiencia que tenga en el manejo del grupo, en la conducción de distintos tipos de actividades y de su seguridad en el conocimiento del contenido que va a tratar y de la actitud que transmite al hacerlo, entre muchos otros factores.

Todos estos elementos, que modifican la presentación de los contenidos y las reglas de funcionamiento en las situaciones de enseñanza, no sólo de maestro/a a maestro/a sino dentro de una misma clase de tema a tema y de momento a momento de las actividades realizadas y de la dinámica establecida, han sufrido importantes modificaciones históricas integrándose diversas tradiciones de enseñanza de maneras diferentes en cada maestro/a y escuela. En diversos estudios etnográficos se encuentra que las prácticas educativas en las escuelas nunca responden a un solo modelo de enseñanza sino que se mezclan en formas diversas según de la experiencia y las características de cada maestro/a (Rockwell y Mercado, 1986). Sin embargo, después de muchos años de hacer observaciones en las escuelas primarias mexicanas puedo afirmar que cada vez se realizan más actividades experimentales y que cada vez son más los maestros/as que permiten mayor participación de los niños/as en el desarrollo de las clases de ciencias, al combinar estas formas de trabajo con estrategias más tradicionales como el dictado y el subrayado del Libro de Texto para enfatizar las definiciones.

Como reflexión que surge del estudio etnográfico de casos, parece que para que exista

un trabajo colectivo en el salón de clases sobre el contenido escolar, es importante que se definan con claridad las reglas de la interacción que se requieren para organizar la participación. Así como que el maestro/a pueda conducir el proceso de interacción para sustituir el control basado en la imposición del contenido, por la organización del trabajo que ponga en el centro la necesidad y el interés tanto de los niños/as de entender los fenómenos y por tanto de construir el propio conocimiento sobre ellos. Esta capacidad depende en gran medida de la experiencia del docente para manejar un grupo grande, como suelen ser los de educación básica, y mantener el interés de los alumnos/as. Para esto parece ser conveniente que las expectativas del maestro/a sobre lo que los alumnos/as pueden construir, entender y responder sean flexibles. Si la dinámica de la interacción se basa en expectativas cerradas o muy concretas, sobre lo que los alumnos/as deben pensar, hacer y decir, parecen limitarse las posibilidades de que los alumnos/as expresen concepciones alternativas y, por tanto, pongan en juego sus propias ideas sobre el contenido y argumenten sobre ellas para desarrollar una actitud científica.

Sin embargo, la capacidad que tiene un maestro/a para establecer una situación didáctica que propicie el razonamiento y la argumentación sobre los fenómenos físicos, no sólo depende de la experiencia adquirida en el oficio de la profesión y de que maneje una concepción constructiva del aprendizaje o sino, de la seguridad que tenga en su propio conocimiento del contenido que va a enseñar y del gusto que transmita en enseñarlo. Así, es más probable que un docente haga actividades experimentales y propicie una mayor y más libre participación de los alumnos/as cuando tiene un buen manejo del contenido del tema que va a enseñar, como ocurre con temas ya tradicionales en la escuela primaria, como el Sistema solar. Empero, en mi trabajo se ve que la flexibilidad en la faena con los alumnos/as y la realización de actividades experimentales, no está exenta de problemas. Varios de estos problemas se generan por la diversidad de versiones que sobre un experi-

*la participación  
abierto de los  
alumnos/as en  
la discusión del  
contenido de las  
materias de física  
disminuye en  
grados superiores  
de escolaridad*

mento o sobre un fenómeno pueden proponer los alumnos/as. Por un lado los docentes están entre el dilema de permitir que los niños/as expresen con libertad sus reflexiones y opiniones mientras que, por otro, la institución escolar los presiona para que cumplan con lo que se asume que es su rol como docentes: “corregir los errores” y transmitir el contenido científico “correcto” de manera convincente. Otra de las dificultades, relacionada con la anterior, es la de propiciar las actitudes científicas y la argumentación de las ideas pero que de manera simultánea se vayan construyendo consensos (Candela, 1995), ya que en el aula escolar los alumnos/as, tanto como la institución y los docentes, asumen que se tiene que llegar a acuerdos sobre los contenidos “correctos”.

Asimismo, los niños/as, como dice Vigotsky (1984), también aprenden por imitación, y cuando el maestro/a establece una relación afectiva, de interés por el contenido, y se da a sí mismo la posibilidad de imaginar situaciones, de construir modelos o desarrollar explicaciones, de cometer “errores”, de razonar sobre la información que maneja, de entender un fenómeno más que de llegar a un concepto, esta actitud tiende a ser imitada por los alumnos/as. Las condiciones afectivas que se ponen en juego frente al contenido son parte fundamental del tipo de vínculos que se pueden establecer con él. En estas condiciones influye el interés del niño/a, pero también el interés y la emoción que transmite el maestro/a y el valor que éste le da a los conocimientos previos de los niños/as y a su capacidad de razonamiento lógico y de construcción del conocimiento. Cuando el maestro/a tiene confianza en la capacidad intelectual de sus niños/as es frecuente que les transmita seguridad en sus propias reflexiones y en sus conocimientos, seguridad que es primordial para que desarrollen una actitud creativa y constructiva frente al contenido.

En resumen, algunas de las actitudes de los docentes que en la práctica educativa de las escuelas primarias propician la expresión de concepciones alternativas de los alumnos/as sobre el contenido, son las siguientes:

- El maestro/a siente placer por enseñar.
- El maestro/a tiene interés en que los niños/as entiendan los fenómenos.
- El maestro/a convoca a que los niños/as piensen y manifiesten su razonamiento, para eso:
  - Retoma sus preguntas y las devuelve al grupo, para que reflexionen sobre ellas y busca que los niños/as elaboren sus propias contestaciones. Así los hace sentir que también es responsabilidad de ellos encontrar solución a los problemas.
  - Promueve la confrontación y la argumentación entre puntos de vista distintos entre los alumnos/as al propiciar la relación entre iguales en torno al contenido.
  - Incorpora toda la información, tanto escolar como extraescolar que los alumnos/as manejan, para que busquen coherencia en sus concepciones con base en todos sus conocimientos sobre el objeto de estudio.
  - Incorpora los “errores” como parte del proceso de construcción del contenido y como una tentativa de aproximación, que indica los distintos niveles de apropiación y elaboración del mismo.
  - Rescata la heterogeneidad del proceso de construcción: los puntos de vista distintos, las opciones explicativas alternativas y las confronta. Se promueve así la evolución de la construcción colectiva del contenido y se valida la posibilidad de otras explicaciones, a la vez que se rompe con el esquema de “la respuesta correcta”.
  - Introduce dudas sobre la información recibida y hace referencia a situaciones confusas para asegurar una mejor comprensión de los fenómenos mediante el cuestionamiento de las concepciones expuestas y la puesta a prueba de su capacidad explicativa.
  - Da la posibilidad de imaginar, de elaborar explicaciones posibles con base en las propias ideas y valida el proceso de ra-



zonamiento y de argumentación aunque la explicación no correspondan a la que da la ciencia.

- Solicita pruebas de las explicaciones que los niños/as elaboran, al convocarlos a desarrollar una actitud de validación y argumentación de sus afirmaciones.
- El maestro/a incorpora las aportaciones de los niños/as a la dinámica de la clase y para eso tiene que:
  - Seguir la lógica de razonamiento de los alumnos/as.
  - Abrir la gama de sus expectativas sobre las respuestas posibles.
  - Tratar de entender qué tipo de explicaciones manejan los alumnos/as sobre los fenómenos.
  - Reconocer que no hay una sola lógica sobre un contenido y que el razonamiento lógico sobre éste no conduce por fuerza a una misma conclusión, ya que depende de las concepciones de las que se parte.
  - Aceptar que los niños/as pueden manejar más información que él sobre algunos temas.
  - Reconocer que con frecuencia las explicaciones de los niños/as tienen una lógica en la que se consideran los supuestos y las concepciones de los que ellos parten, aunque sean diferentes de los que la ciencia plantea.
  - Dar un valor a las preguntas de los niños/as tanto como a sus respuestas.
- El maestro/a también aclara confusiones, responde algunas preguntas, explica algunos efectos por medio de analogías con fenómenos conocidos y en ocasiones reconoce que no tiene ciertos conocimientos y acepta que se queden algunos problemas sin respuesta.

Estas no necesariamente son todas ni las únicas condiciones que permiten expresar concepciones alternativas sobre el contenido ni tampoco se asegura que estas condiciones siempre produzcan el mismo efecto en la dinámica de la interacción. No hay que olvidar que la relación con el contenido depende del sentido que éste

tenga para los sujetos y del contexto interactivo en su conjunto.

En los diversos estudios realizados (Candela, 1997; 1999) encuentro que un factor importante para que los alumnos/as expongan sus razonamientos centrados en el contenido, y para que argumenten sobre sus ideas, es que el contenido resulte significativo para ellos en el sentido de que despierte su interés por entender un fenómeno o resolver un problema. El que se realice una actividad experimental que actúa como referente alternativo al tipo de dinámica que demanda la relación con el maestro/a, contribuye a despertar el interés. Sin embargo, la posibilidad de que este razonamiento se exprese y confronte con otros, depende de las características de la interacción entre los niños/as y el maestro/a, de las condiciones que éste establece para que se expresen diferentes interpretaciones del contenido presentado.

Con frecuencia sucede que cuando los niños/as tienen necesidad de entender por qué ocurre un fenómeno o cómo se entiende el resultado de una actividad, obligan al maestro/a a acercarse a la lógica del contenido que ellos siguen. Éstas actividades son del tipo que tienden en el aula a romper la estructura jerárquica del saber y la relación asimétrica en donde el maestro/a ocupa el papel central. En las situaciones de conflicto en las que aparecen versiones alternativas sobre el contenido, los niños/as participan con la aportación de sus explicaciones y la argumentación sobre ellas (Candela, 1996).

Los niños/as participan de forma activa, en ocasiones al seguir las indicaciones de los maestros/as, pero en otras en clara oposición a ellas. La oposición se muestra por la orientación de sus intervenciones, con las que en ocasiones rechazan los acuerdos colectivos o los planteamientos de los profesores/as y realizan con ello una función evaluativa. En estas situaciones parece adquirir más relevancia la relación entre iguales. Aumenta la participación de los alumnos/as en las interacciones verbales y disminuye la del maestro/a, en comparación con otros momentos del trabajo escolar. Además de expresar sus desacuerdos con intervenciones

argumentativas o evaluativas, en ocasiones también los manifiestan con el silencio o el rechazo a participar. Sin embargo, estos silencios en la escuela primaria con frecuencia no son una forma de resistencia a aprender en el aula, como lo manifiestan algunos autores (Willis, 1977; Erickson, 1982), pues en secuencias más largas es posible distinguir cómo participan en las discusiones sobre el contenido y cómo cambia la dinámica de participación en ciertos momentos cuando se plantean tareas o contenidos que no comparten (Candela, 1998).

Sin embargo, en mi trabajo encuentro que muchos de los maestros/as en México son sensibles a las propuestas, inquietudes y actitudes de los niños/as y modifican la dinámica de la interacción en función de los intereses de éstos. Así, dan respuesta a sus preguntas, tratan de satisfacer sus inquietudes y analizan la lógica de sus intervenciones para distinguir cuáles son sus opiniones. También, a menudo tratan de ver si no tienen confusiones, procuran que sus alumnos/as entiendan, que “no queden lagunas”, que vinculen el conocimiento escolar con las necesidades y saberes extraescolares y con las costumbres y tradiciones de su medio ambiente cultural.

Podemos decir que la participación abierta de los alumnos/as en la discusión del contenido de las materias de física al plantear sus acuerdos, desacuerdos y reflexiones, disminuye en grados superiores de escolaridad, como por ejemplo en la educación media, debido a diversas razones, entre las que está la falta de relevancia de los contenidos para la vida cotidiana de los alumnos/as. Empero, en las observaciones en algunas clases de física de nivel universitario puede notarse la capacidad de los profesores para promover el razonamiento de los alumnos/as por medio de las clases de tipo “cátedra” pero en las que la lógica del contenido es planteada con tal claridad que aun con poca participación de los alumnos/as en el aula, las tareas y los exámenes muestran que pueden seguir razonamientos similares a los presentados por los docentes.

En cuanto al contenido científico, puedo decir que en la investigación desarrollada du-

rante todos estos años (Candela, 1997, 1999) encuentro que más que saberes impuestos y repetición de verdades establecidas, la construcción de la ciencia en las aulas de las escuelas primarias se estructura cada vez más a partir de una variedad de descripciones y explicaciones alternativas que se negocian, argumentan, complementan, rechazan y se tratan de consensar entre maestros/as y alumnos/as. He estudiado la importante presencia de los conocimientos cotidianos en el aula y el papel que se les da como instrumento para mediar entre el saber de los alumnos/as y el de la ciencia escolar. La ciencia en la escuela primaria es una ciencia viva y en construcción.

Si bien, en este apartado, por razones de espacio, no se han mostrado los datos empíricos en los que se sustentan las conclusiones presentadas (ver Candela, 1997 y 1999), los estudios etnográficos puede reflejar lo que son las prácticas de enseñanza en muchas de nuestras escuelas o, en todo caso, lo que pueden ser en condiciones reales, en donde el conocimiento de la ciencia aparece como producto de la construcción social de todos los participantes en una tarea compartida, con funciones diferenciadas pero igualmente complejas en cuanto a recursos discursivos puestos en juego.

Estos trabajos empíricos sobre la manera como se enseña en la escuela pueden resultar ilustrativos para los maestros/as, posibles de retomarse para orientar el trabajo cotidiano y cercano a la manera en la que ellos se forman en la práctica, al observar el trabajo de sus compañeros. Estas pretensiones de que los maestros/as encuentren alternativas de trabajo mediante el análisis de lo que otros maestros/as hacen y lo incorporen según sus posibilidades, son más modestas que las intenciones de muchas propuestas pedagógicas basadas en nuevos textos o programas de estudio que pretenden cambiar las prácticas reales a partir de modelos teóricos ideales sobre “lo deseable”, elaborados con base en estudios de concepciones de los niños/as y maestros/as obtenidos en condiciones experimentales que poco tienen que ver con lo que ocurre y puede ocurrir en el contexto de la interacción del aula.

*El reto de la enseñanza de la física es tomar en cuenta las prácticas cotidianas de enseñanza y de aprendizaje en el contexto real de las aulas escolares*

El reto de la enseñanza de la física y de la ciencia en general, es tomar en cuenta las prácticas cotidianas de enseñanza y de aprendizaje en el contexto real de las aulas escolares para corregir errores, para apuntalar aciertos y para mejorar la enseñanza, no sólo en la educación primaria sino de manera fundamental en la educación secundaria y preparatoria. La enseñanza enciclopédica y especializada de la física en secundaria y preparatoria, se desconecta de la vida cotidiana y de los intereses de los alumnos/as con lo que se propicia una enseñanza memorística en donde se pierde la práctica de reflexionar sobre los fenómenos físicos. De esta manera en el nivel medio de enseñanza los alumnos/as no sólo no aprenden ciencia y pierden el interés por ella sino que retroceden en el proceso de desarrollo de actitudes científicas que, al menos parcialmente se hayan podido propiciar en la primaria.

Al considerar todos estos aspectos, uno de los retos principales es el de comprender mejor los procesos de construcción del conocimiento científico en el contexto real de la escuela o la universidad para ir más allá del sentido común o de lo que se ha llamado el arte de enseñar, al que sólo algunos tienen acceso. La construcción del conocimiento en la escuela está mediada por la interacción social con el maestro/a y con los compañeros en una situación institucional en la que existen reglas de funcionamiento, tiempos establecidos, espacios y condiciones que delimitan la manera como se puede enseñar y aprender y es necesario investigar con rigor estos factores que son determinantes en la forma como se puede mejorar la enseñanza de la física.

En síntesis podemos decir que la enseñanza de la física y de la ciencia, es un fenómeno social que depende de múltiples factores sociales y culturales como son las condiciones de trabajo de los docentes, la cultura y las condiciones de vida de los alumnos y de sus familias, las tradiciones educativas en la escuela mexicana, el valor de la educación en los distintos sectores de la sociedad, etc. Gran parte de estos factores, sobre todo en los niveles básicos de enseñanza que afectan a la población mayoritaria, son un reflejo de las

características y de los problemas del desarrollo social de nuestro país y no pueden mejorarse sin comprender y tomar en cuenta estos complejos determinantes sociológicos, antropológicos y políticos que están presentes en las prácticas educativas cotidianas en la escuela mexicana. Por lo tanto, desde mi punto de vista, el principal reto de la enseñanza de la física y de la ciencia a los sectores mayoritarios de la población, es el de comprender y tomar en cuenta el complejo entramado entre todos estos factores sociales y culturales para poder desarrollar, en consecuencia, propuestas que siendo coherentes con una concepción moderna y flexible de la ciencia y de su enseñanza, puedan ser articuladas desde la perspectiva de los actores educativos en su quehacer cotidiano.

## Referencias

- Aikenhead, G.S. (1994). *What is STS science teaching?*. En Solomon y Aikenhead (eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 47-59). New York: Teacher College Press.
- Bybee, R.W. (1987). *Science-Technology-Society*. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
- Bruner, J. (1962). *El proceso de la educación*. México: Manuales UTEHA.
- Bruner, J. (1984). *Acción, Pensamiento y Lenguaje*. Linaza J. L. (Comp.). Madrid: Alianza Psicología.
- Candela, A. (1991). Investigación y desarrollo en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Mexicana de Física*. 37 (3), 512-530.
- Candela, A. (1995). Consensus construction as a collective task in Mexican science classes. *Anthropology & Education Quarterly*, 26 (4), 1-17.
- Candela, A. (1996). La construcción discursiva de contextos argumentativos en la enseñanza de ciencias. En Coll y Edwards (Eds.), *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula: Aproximaciones al estudio del discurso educacional* (99-116). Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje. (Publicado también en inglés como: Candela, A. (1997). The Discursive Construction of Argumentative Contexts in Science Education. En Coll & Edwards

- (Eds.), *Teaching, learning and classroom discourse: Approaches to the study of the educational discourse* (89-106). Madrid: Infancia y Aprendizaje.
- Candela, A. (1997). *La necesidad de entender, explicar argumentar: los alumnos/as de primaria en la actividad experimental*. México: SEP-Departamento de Investigaciones Educativas. CINVESTAV.
- Candela, A. (1998). Students' power in classroom discourse, en *Linguistics & Education* 10 (2), 139-164.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula: Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México, Buenos Aires, Barcelona: Paidós.
- Cicourel, A. (1974). Some basic theoretical issues in the assessment of the child's performance in testing and classroom settings. En: *Language Use and School performance* (pp. 300-351). USA: Academic Press.
- Coll, C. (1984). Estructura grupal, interacción entre alumnos/as y aprendizaje escolar. En *Infancia y Aprendizaje* 27/28, 119-138.
- Erickson, F. (1982). Classroom discourse as improvisation: Relationships between academic task structure and social participation structure in lessons. En Wilkinson (Ed.), *Communication in the Classroom* (pp. 153-181). New York: Academic Press.
- Krees, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001) *Multimodal Teaching and Learning: The Rhetorics of the Science Classroom*. London: Continuum.
- Lemke, J. (1990). *Talking Science: Language, learning and values*. Norwood New Jersey: Ablex Publishing Corp.
- Pozo, J. I. y Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Rockwell, E. y Mercado, R. (1986). *La escuela, lugar del trabajo docente. Descripción y debates*. México: Cuadernos de Educación, Departamento de Investigación Educativa, Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados. Instituto Politécnico Nacional.
- Solomon, J. y G. S. Aikenhead (Eds.) (1994). STS Education: *International Perspectives on Reform* (pp. 47-59). New York: Teacher College Press.
- Sutton, C. (1992). *Words, Science and Learning*. Buckinham, Philadelphia: Oxford Univ. Press.
- Vygotsky, L.S. (1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en edad escolar. En *Infancia y Aprendizaje* 27/28.
- Vygotsky, L.S. (1987). *The Collective Works of L.S.Vygotsky*. Vol. I. New York: Plenum.
- Willis, P. (1977). *Learning to labor. How working class kids get working class jobs*. London: The Open University Press.