

La enseñanza de la física en primaria (Un estudio del sexto grado en el Estado de Michoacán)

Salvador Jara Guerrero

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán
Apartado postal 139-C, 58260 Morelia Mich., México.
(Recibido el 22 de julio de 1988; aceptado el 5 de abril de 1990)*

Resumen. En este trabajo se presenta un diagnóstico de la enseñanza de la física en primaria con base en observaciones de clase y entrevistas a maestros y alumnos. Las conclusiones muestran que, en estos casos, la física es la disciplina, de las ciencias naturales que es enseñada con menos eficiencia. Se destacan problemas sobre el uso deficiente de los libros de texto, teorías de sentido común, la ausencia de una preparación adecuada de los maestros y la necesidad de emprender programas interdisciplinarios que apoyen la enseñanza de la física en la educación primaria.

PACS: 01.40.Di; 01.40.Ej; 01.40.Bm

1. Introducción

El reconocimiento de la ciencia y la tecnología como factores fundamentales del desarrollo económico, su función cultural, el escaso conocimiento que sobre estas áreas tiene el ciudadano medio y el reducido número de profesionales dedicados a la investigación, han inducido una creciente preocupación sobre la eficiencia del proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias y la tecnología en todo el mundo. El problema cobra mayores dimensiones en los países en desarrollo donde incluso la alfabetización constituye todavía un reto.

Si bien el problema de la enseñanza de las ciencias las afecta a todas, incluyendo a las ciencias sociales, la física y las matemáticas destacan como disciplinas problema. Un gran número de estudiantes eligen profesión con el criterio de tener que cursar el mínimo de materias relacionadas con física y matemáticas y aún los egresados de escuelas de ingeniería prefieren las opciones que en el ejercicio profesional requieren muy poco de estas disciplinas.

En trabajos nacionales y extranjeros se coincide en calificar como baja la eficiencia de las escuelas preparatorias y profesionales en relación con la enseñanza de la física y las matemáticas, haciendo énfasis en que el estudiante promedio es incapaz de pensar lógicamente y que su manera de razonar corresponde al estadio concreto de Piaget [1,2]. Incluso los estudiantes que eligen estudiar una licenciatura

en física o matemáticas mantienen un gran número de errores básicos conceptuales y conocen sólo superficialmente las posibilidades de empleo y la importancia del trabajo científico.

Es común escuchar que la física es difícil, sin haberla conocido, como un prejuicio ya muy tradicional y se elude o se estudia a medias y de memoria. Un factor determinante para el estudio de la física es la disponibilidad del estudiante, dice Mach: "La peor actitud posible para emprender el estudio de la física es la de un pavoroso respeto" [3], pero esta es, desgraciadamente, la actitud de la mayoría de los estudiantes. También es cierto que el estudio de la física tiene dificultades importantes: si bien la observación de los fenómenos naturales constituye una de sus bases, esta no basta. La física requiere además, de una buena dosis de abstracción que no siempre es fácil y la mayoría de los modelos físicos no resultan de un proceso inductivo simplista. Einstein e Infeld mencionan: "La ciencia no es sólo una colección de leyes, un catálogo de hechos sin mutua relación. Es una creación del espíritu humano con sus ideas y conceptos libremente inventados. Las teorías físicas tratan de dar una imagen de la realidad y de establecer su relación con el amplio mundo de las impresiones sensoriales" [4].

Desde el nivel medio básico se culpa a la escuela elemental de las deficiencias de los estudiantes y se deja con frecuencia a éstos la responsabilidad de "ponerse al corriente"; pero al mismo tiempo se siguen empleando métodos rígidos donde se presenta a la física como un manual con fórmulas que resuelven problemas muy poco significativos para los alumnos. Este criterio se mantiene hasta la Universidad. Es cierto que la enseñanza elemental dista mucho de haber alcanzado un buen nivel, sin embargo, muchas de sus deficiencias, lejos de ser corregidas en los otros niveles, son acentuadas. Es probable que una de las principales causas por las que las deficiencias tempranas no son corregidas es el desconocimiento preciso de las mismas: la mayoría de las evaluaciones de la escuela elemental la consideran como una caja negra que recibe materia prima y entrega un producto, sin que se observe el proceso dentro del aula; por lo que la mayoría de la información arrojada por estos diagnósticos sólo describe qué tan lejos se encuentran los estudiantes del "deber ser", ignorando la dirección de ese desplazamiento y el proceso mismo.

Cuando los niños tienen su primer contacto con las ciencias, no son recipientes vacíos que hay que llenar con conocimientos; aún en esos primeros años los alumnos ya poseen sus propios modelos con los que explican el mundo que les rodea. Estas teorías, producto de una evolución informal a través de la experiencia cotidiana y que identificamos con el llamado sentido común, difieren en la mayoría de los casos del conocimiento aceptado o científico, lo que no significa que carezcan de coherencia lógica. Es precisamente su validez cotidiana lo que las arraiga, y al mismo tiempo las convierte en el obstáculo principal para aceptar cualquier otro modelo. Es por ello que el reconocimiento y conocimiento de éstas teorías puede ser fundamental durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. A. Champagne lo resume de la siguiente forma: "... cualquier estrategia para inducir modificaciones en las teorías de los estudiantes debe reconocer que los estudiantes no perciben de manera inmediata las inconsistencias de sus propias teorías o entre sus teorías y las de otros" [5].

El trabajo que se presenta parte de observaciones de clase y entrevistas a alum-

nos y maestros en la escuela primaria y nuestras conclusiones apuntan al detalle del proceso enseñanza-aprendizaje de la física dentro de la escuela primaria, y asimismo, pretendemos caracterizar los principales errores conceptuales o teorías de sentido común en maestros y alumnos esperando que su conocimiento induzca cambios en el quehacer docente.

2. Metodología

Utilizamos en este trabajo dos técnicas metodológicas complementarias. Por una parte realizamos un análisis estadístico elemental de la parte cuantitativa, y por la otra, inferimos conclusiones de carácter cualitativo acerca de lo que ocurre en el salón de clases sirviéndonos de observaciones de las clases y de entrevistas a maestros y alumnos [6,7]. La ventaja del uso de observaciones y entrevistas es que permite obtener información distinta de la que se infiere de pruebas escritas convencionales donde las únicas respuestas posibles son las incluidas en los cuestionarios y los únicos problemas relevantes son también los contenidos en las pruebas. Lo que se pretende obtener de las observaciones en el salón de clases es una reconstrucción de lo que ocurre en el aula que deje al descubierto procesos aparentemente ocultos. Para los propósitos de este estudio, lo anterior nos permite ir más allá del diagnóstico de lo que el alumno y el maestro no saben, para acercarnos al cómo entienden los contenidos y cuál es su lógica, ayudándonos a identificar problemas de proceso y no solamente problemas terminales o de eficiencia.

Analizamos los registros de observaciones de clases de ciencias naturales y de entrevistas a maestros y alumnos de primaria, elaborados por investigadores del Centro Michoacano para la Enseñanza de la Ciencia y la tecnología (hoy Coordinación de Investigación y Desarrollo Educativos del CIDEM). Dichos registros se realizaron como parte del proyecto de Diagnóstico de la Enseñanza de las Ciencias Naturales en Primaria [8] y están constituídos por 115 entrevistas a maestros, 120 entrevistas a niños y 120 observaciones de clase, en 36 escuelas primarias en Michoacán, distribuidas proporcionalmente a la población de las regiones que ha definido la Secretaría de Programación y Presupuesto, y en municipios situados en zonas biogeográficas diferentes. Se abarcaron 40 de los 113 municipios del Estado. Las entrevistas con los maestros fueron individuales con preguntas cerradas de final abierto, memorizadas y aplicadas discrecionalmente; las entrevistas a niños fueron colectivas a grupos de cinco niños en promedio, se les mostró página por página el libro de texto de Ciencias Naturales del *grado escolar anterior* y se les pidió una descripción de los temas como los recordaran. Las observaciones de clases se redactaron inmediatamente después de la exposición con base en las anotaciones realizadas durante la clase por dos personas, los temas fueron elegidos libremente por los maestros que aceptaron ser observados.

Después de una revisión preliminar de los registros citados y de los libros de texto, se continuó exclusivamente con el sexto grado ya que es en éste donde los temas de física son menos descriptivos [9], y se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de los registros correspondientes a física: 21 observaciones de clase, 17

entrevistas a maestros y 17 entrevistas a alumnos en 21 escuelas diferentes. Estos datos constituyen la parte cuantitativa del trabajo.

Una vez identificados los tópicos de interés, se realizaron nuevas observaciones de clase; nueve entrevistas a niños y otras 18 entrevistas a maestros en servicio. El objetivo de esta segunda fase fue identificar con mayor precisión los tópicos problema y apoyar el análisis cualitativo.

3. Sexto grado

El libro de texto de Ciencias Naturales de sexto grado [10] contiene 17 temas: 1. Ecosistemas, 2. La pesca, 3. Los bosques, 4. Minería en México, 5. Contaminación, 6. Movimiento, 7. Las estrellas y la vía láctea, 8. La célula, 9. Cómo nos desarrollamos, 10. Nutrición, 11. Las máquinas, 12. El trabajo, 13. Evolución, 14. La tierra cambia, 15. Por qué nos parecemos a nuestros padres, 16. Comportamiento animal, 17. Ciencia y sociedad.

Los temas que contienen conceptos físicos y que usamos para el presente trabajo son el 6. Movimiento, 11. Las máquinas y 12. El trabajo. El tema sobre el movimiento propone tres actividades de investigación, en las máquinas se proponen cinco, y una en el tema sobre el trabajo.

4. Resultados

De las 21 observaciones de clase realizadas, en solamente 14% el maestro realizó las investigaciones en el salón, el resto las dejó de tarea, las platicó o simplemente las omitió.

El 88% de los profesores entrevistados indicaron que siguen la secuencia del programa y que ven por lo menos el 75%, lo que indica que cubren hasta el tema 13.

Los temas elegidos por los maestros en las 21 observaciones de clase se distribuyeron como muestra la Fig. 1.

Las respuestas de los maestros respecto a los temas que les presentan mayor dificultad y los que más interesan a los alumnos se presentan en las Figs. 2 y 3. (Hubo maestros que no contestaron a alguna de las preguntas o que dieron respuestas múltiples, por lo que el 100% corresponde al número de respuestas y no al total de maestros entrevistados).

En cuanto a los temas que requieren de mayor tiempo de preparación, sólo fueron mencionados dos: el 1. Ecosistemas, por un maestro y el 9. Cómo nos reproducimos, por cuatro maestros.

Las respuestas de los 17 grupos de niños entrevistados pueden dividirse como sigue:

a) *Recuerdan bien.* Recuerdan haber visto el tema en clase y recuerdan algunas de las actividades realizadas. Mencionan correctamente la mayoría de los conceptos que recuerdan.

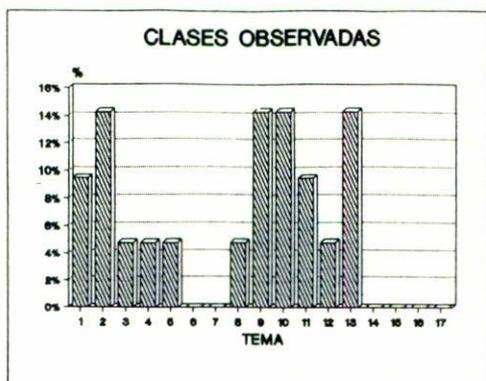


FIGURA 1.

b) *Recuerdan mal*. Recuerdan haber visto el tema en clase, pero mencionan equivocadamente los conceptos. Mencionan muy pocas actividades.

c) *No recuerdan*. No recuerdan el tema, no saben si lo vieron en clase. Ni siquiera pueden describir las ilustraciones.

Las distribuciones correspondientes a los dos primeros grupos se presentan en la Fig. 4.

La suma de las frecuencias de la Fig. 5 es la frecuencia de quienes recuerdan haber visto el tema en clase, independientemente de si lo recuerdan bien o mal, es decir, esta frecuencia nos indica los temas cubiertos en clase. Esta suma aparece en la Fig. 5 con la distribución de quienes no recuerdan el tema.

La razón entre el número de grupos de niños que recuerdan correctamente los temas y el número de grupos de niños que recuerdan el tema nos da una medida de la eficiencia por tema. Esta distribución aparece en la Fig. 6. (La línea punteada indica el promedio).

Lo que los niños recuerdan (Fig. 5), muestra una caída a partir del tema 12, lo que indica que probablemente debido a la falta de tiempo los últimos temas son cubiertos con premura o se omiten; ésto también explica las caídas de la Fig. 4 y el incremento de lo que los niños no recuerdan (Fig. 5). El último tema sólo es recordado por dos (11.8%) de los 17 grupos de niños, mientras que los primeros 11 temas, que representan el 64.7% del programa, fueron recordados, en promedio, por el 82.3% de los niños entrevistados, mostrando sólo una pequeña diferencia con lo dicho por los maestros entrevistados que aseguraron cubrir un 75% de los temas.

Con respecto a los temas de física, sólo el relativo a el trabajo se ve afectado por el tiempo, los otros dos son cubiertos sin distinción con el 65% de los temas.

El tema 6, Movimiento, pocos alumnos lo recuerdan bien, a pesar de que es un tema que se ve en clase. En las entrevistas a los maestros aparece como un tema que no interesa a los estudiantes, no requiere de más tiempo de exposición que el

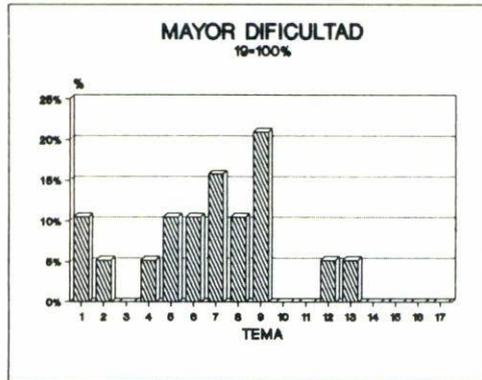


FIGURA 2.

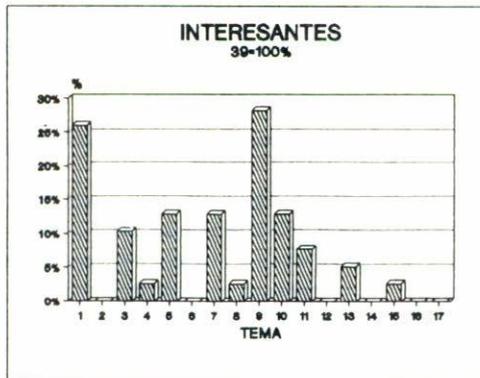


FIGURA 3.

promedio y tampoco presenta más dificultades que los demás; y a pesar de todo esto no fue de los temas elegidos por los maestros en ninguna de las clases observadas y es de los temas menos eficientes, es decir, de los que menos se recuerdan. Me parece que detrás de lo anterior está el hecho que no es un tema interesante para los maestros; seguramente no se señala como difícil porque se cubre sólo parcialmente. En las entrevistas los maestros señalan que es un tema donde sólo “explican las conclusiones a los alumnos”. Las entrevistas a los alumnos reflejan que los maestros hacen énfasis en los conceptos de trayectoria, dirección y sentido, pero prácticamente omiten lo relativo a la ley de la inercia. Los niños reconocen que para empezar a mover un cuerpo es necesario aplicar una fuerza pero no para detenerlo, vieja idea

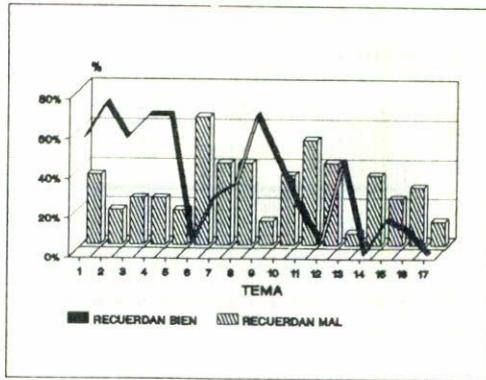


FIGURA 4.

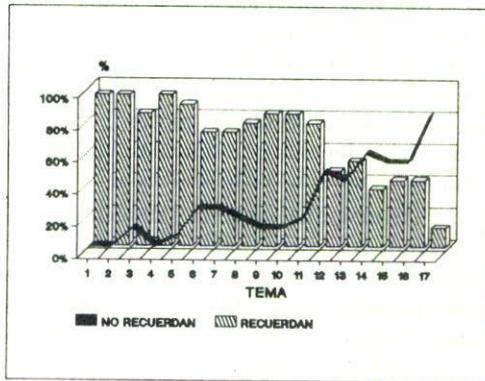


FIGURA 5.

aristotélica que se mantiene en la mayoría de los estudiantes incluso hasta la escuela preparatoria.

Para los maestros el tema sobre el movimiento no es fácil: sólo uno de los entrevistados expresó con claridad la ley de la inercia mientras que los demás confundían los conceptos de fuerza e inercia, o se referían a la fuerza como algo que se agota, como si se tratara de un tipo de combustible. Algunas respuestas ejemplifican estos casos: “Cuando un coche disminuye su velocidad al aplicar los frenos, nos vamos hacia adelante por la fuerza que llevamos y quedamos estables (en reposo) por la inercia”. “Pues la inercia es la imposibilidad de un cuerpo para moverse, sin antes

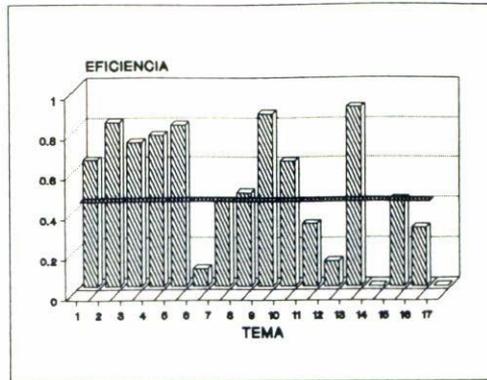


FIGURA 6.

aplicar una fuerza, y al aplicar una fuerza deja una trayectoria". "... si pateamos dos pelotas llega más lejos la que tiene más fuerza, se le acaba menos rápido". "Cuando un coche se para, uno se va para adelante por la inercia, pero la inercia es mayor en la cabeza que en los pies, porque la cabeza se va más hacia adelante; pero eso ¿cómo se los explico a los niños?". "Para que se mueva un cuerpo se necesita una fuerza, por ejemplo un coche usa la fuerza del motor". "Inercia es lo que detiene a un cuerpo cuando se mueve". "Inercia es lo que empuja cuando algo se para, por ejemplo lo que nos empuja cuando un coche se detiene".

El tema 11 relativo a las máquinas aparece también como ineficiente. Aunque, como el tema del movimiento, es recordado por la mayoría de los niños (véase la fig. 5), la mayoría lo recuerdan mal. No es considerado por los maestros como un tema difícil, ni como uno que requiera de más tiempo de preparación que el promedio; tres de los maestros entrevistados lo consideran interesante para los alumnos. Es el tema en que más actividades de investigación se proponen (5), pero los niños sólo recuerdan las dos primeras, relativas a las palancas. Este tema fue elegido en dos de las clases observadas: en una el maestro "platicó" las investigaciones y en la otra se realizaron las dos primeras. Ninguno de los maestros pudo describir las dos últimas investigaciones propuestas por el texto sobre inducción electromagnética, y mencionaron que no les parecían de utilidad para los niños.

En el texto se propone una discusión sobre la relación entre la fuerza, el brazo de palanca y la distancia en que se aplica la fuerza, que de acuerdo con las entrevistas con los niños es omitida. Lo que los niños recuerdan acerca de este tema son fundamentalmente las partes de una palanca. Algunos alumnos, que recordaron haber visto la mayoría del tema, dudaron de la veracidad de la afirmación del texto en cuanto a que es más fácil subir una montaña rodeándola que en línea recta: "... sí, el maestro dijo que es más fácil, pero quien sabe". "Es más trabajoso... porque camina más". "Sólo que esté muy empinado (con mucha pendiente)".

En una de las clases observadas el maestro se refirió a las máquinas utilizando la definición que usa el texto: “Máquina es un instrumento capaz de realizar un trabajo”, pero sin hacer referencia al significado del trabajo, cuya definición es parte de un tema posterior, justamente el que sigue a “Las máquinas”, intitulado “El Trabajo”. En la otra clase observada el maestro dio la siguiente definición: “Esto es una máquina (refiriéndose a una palanca), porque necesita de una fuerza”. En las entrevistas se repitieron las dos definiciones anteriores con poca variación.

El tema 12, sobre el trabajo, que fue elegido en una de las clases observadas, no es considerado como interesante para los alumnos. Es nuevamente de los menos eficientes, lo recordaron correctamente sólo el 12.5% de los alumnos que afirmaron haberlo visto en clase, y parece ser el primer afectado por el tiempo. Menos del 50% de los niños entrevistados recuerdan haberlo visto en clase.

La definición usada por el maestro en la clase observada fue: “Trabajo mecánico es cuando cambiamos un objeto de lugar, es la fuerza que se aplica para recorrer una distancia o para transformar una cosa”. El maestro anotó la fórmula de trabajo mecánico señalada en el texto (trabajo mecánico = fuerza \times distancia), en el pizarrón, y puso como ejemplo el trabajo que realiza una persona al *cargar* una silla de 8 kg. y desplazarla *horizontalmente* 8 metros. Concluyó que el trabajo es de 64 kilográmetros.

En las entrevistas más del 50% de los maestros usaron un ejemplo similar; al resto se les platicó el ejemplo descrito y no encontraron ningún error.

Al preguntar a los maestros algunos ejemplos donde el trabajo mecánico valga cero, se refirieron a casos donde el desplazamiento es cero (por ejemplo cuando se aplica una fuerza sobre un objeto sin lograr moverlo), y casos donde se desprecia su valor por actuar una fuerza muy pequeña o alguna fuerza externa: (El trabajo vale cero) “...al tomar una hoja de papel, porque no se hace ninguna fuerza”. “...cuando el viento levanta algo, porque nosotros no hacemos ningún esfuerzo”. Ninguno de los entrevistados mencionó la importancia de la dirección relativa entre la fuerza y el desplazamiento.

En cuanto a los materiales de apoyo bibliográficos que usan los maestros, todos indicaron los libros oficiales; la mayoría mencionó enciclopedias y aproximadamente la mitad aseguró contar con otros libros pero ninguno recordó título y autor sino que mencionaron datos sueltos como la editorial, el color de la portada o el nombre incompleto del autor. Actualmente los maestros cuentan con *El Libro para el Maestro* [11] que sólo contiene una introducción general por grado y otra para cada área, los objetivos particulares y específicos y algunas sugerencias muy puntuales.

La práctica docente

“El contenido formativo de la experiencia escolar subyace en las formas de transmitir el conocimiento, en la organización misma de las actividades de enseñanza y en las relaciones institucionales que sustentan el proceso escolar” [12]. Los contenidos no pueden analizarse independientemente de los valores individuales y colectivos de quienes participan en el proceso enseñanza-aprendizaje ni de los usos y costumbres

que forman la estructura misma del proceso. En el caso de la educación primaria y la enseñanza de la física encontramos dos elementos dignos de atención: por una parte la casi nula significación [13] (en el sentido de Ausubel) de la física y en general de las ciencias naturales, frente a contenidos fundamentales por tradición, como español y matemáticas; y por otra parte la contradicción entre la estructura de las actividades de investigación y la estructura de las clases tradicionales.

Mientras que en las clases de español y matemáticas los maestros no tienen dificultad al hablar sobre la utilidad y lo necesarias que son, tanto para continuar estudiando como para la vida misma, en las clases de ciencias naturales la única razón dada a los alumnos fue el riesgo de reprobar. En las entrevistas hubo maestros que mencionaron la importancia de algunos temas de ciencias naturales relacionados con la salud. En cuanto a la física sólo la consideraron importante porque "da nuevos conocimientos". En ningún caso los maestros se refirieron a la utilidad o importancia de conocer o comprender los temas de física, me parece que éstos permanecen, a pesar del intento integrador de los textos, como muy ajenos a la cotidianidad de maestros y alumnos: hay que cubrirlos porque, desgraciadamente, son parte del programa. Desgraciadamente se omiten referencias a la historia de los conceptos científicos, que pudieran ser fuentes de motivación o significación y ayudar a ver a las ciencias naturales como un producto humano en desarrollo, y no como conjunto de verdades absolutas.

Las actividades de investigación propuestas por los libros de texto rompen definitivamente con la práctica tradicional, obligan al alumno a ser un sujeto activo; pretenden que los niños toquen, vean, platicuen y hagan ruido. Sin embargo, uno de los objetivos implícitos de nuestro sistema escolar es exactamente el opuesto: los niños escuchan, no se mueven, aprenden del maestro.

Esto no constituye una práctica personal que cada maestro pueda modificar a su antojo y que la mayoría de los inspectores, directores, padres de familia y los mismos niños comparten esta idea y cualquier intento por modificarla es calificado como desorden, falta de control e indisciplina.

Los salones de clase siguen teniendo la misma distribución: el maestro al frente y los mesabancos alineados, no hay espacios para moverse libremente sino corredores apenas suficientes, los mesabancos tienen superficies inclinadas para que los niños escriban y nada más, los grupos son de por lo menos treinta niños y muchos de más de medio ciento. Los experimentos requieren superficies amplias, fáciles de limpiar; los niños requieren espacios para ir de un lado a otro, comentar, ver lo que los demás hacen; y esto es sorprendentemente difícil en cualquier salón tradicional [14]. Algunos maestros propusieron la creación de laboratorios para ciencias naturales en primaria. Mi opinión es que sería un gran error separar el salón del laboratorio; los experimentos que se proponen no requieren de ninguna instalación especial ni de equipo sofisticado, todo cabe en el salón de clase, lo que es necesario modificar es la distribución en el aula y transformarla en un espacio más abierto y dinámico.

La obsesión por el orden se evidencia a cada momento. El maestro se siente obligado a mantener callados y ocupados a los alumnos; regularmente avisa que va a poner un cuestionario al notar cualquier distracción, pero al evaluar lo hecho por

los niños califica más la limpieza y la buena letra que el contenido y sólo tiene tiempo de revisar a quienes terminan primero ante el riesgo de que el grupo se desordene.

Otra de las razones más significativas por las que los maestros evitan realizar las investigaciones es que los experimentos “no salen”. De las entrevistas inferimos que a pesar de que el material requerido es muy básico, los maestros casi nunca lo llevan completo o lo sustituyen sin verificar antes si es equivalente; en otros casos el maestro no logra entender cabalmente el objetivo del experimento, principalmente por falta de dominio del tema y por falta de material de apoyo, y por lo tanto le parece innecesario. Encontramos que la mayoría de los maestros habían realizado un número muy pequeño de las investigaciones y desafortunadamente con malos resultados, lo que ha creado una idea generalizada en contra de estas actividades. Un maestro mencionó amargamente que al realizar con su grupo una de las investigaciones del tercer grado “quedó mal” ante sus alumnos al tratar de hacer vibrar un tenedor, “y lo hice tal como dice en el libro pero no salió, imagínese lo que los niños van a pensar”, decía. En una de las clases observadas de sexto grado ocurrió lo siguiente:

Mo: “Estos experimentos que vamos a ver desgraciadamente no nos salieron porque no trajeron el material adecuado, yo lo he hecho con el material requerido y sí funciona, pero así no ¿Conocen una pila? ¿quién ha visto una pila?”

Ao: “Yo”.

Mo: “¿Qué tiene?”

Ao: “Este (refiriéndose a otro alumno) dice que tiene carbón.”

Ao: “Lámina.”

Mo: “Sí, esta pila está constituida por carbón principalmente.”

Mo: “¿Cuáles son los polos del imán?, ¿se acuerdan?”

Ao: “Positivo y negativo.”

Mo: “Vamos a unir la pila con éste clavo (toma la pila y un clavo embobinado con alambre de cobre), como les decía no va a salir. Unimos una parte del cablecito al positivo y el otro al negativo, . . . uhm. . . necesitamos un alambre más grueso, no va a salir jóvenes. ¿Qué va a pasar con el clavo? ¿qué va a hacer el clavo?”

Los alumnos, la mayoría de pie, miran con atención pero no responden.

Mo: “Desafortunadamente no nos va a salir, necesitamos un alambre esmaltado. El clavo va a actuar como imán, va a contener también el imán”

Y el maestro dio por concluido el experimento.

En otra clase, de cuarto grado, la maestra realizaba un experimento que consiste en poner una gota de agua sobre alguna letra impresa y notar que la gota actúa como una lente.

Ma: “¿Quién conoce las lupas?”

Ao: “Yo”

Ma: “Son unas rueditas de vidrio que nos sirven como lupas”

La maestra muestra un pedazo de vidrio y dice que va a servir como lupa, poniéndole una gotita de agua. Pone agua sobre un vidrio (mucho más de lo debido) y este sobre un libro.

Ma: “¿Cómo se ve?”

Aos: “Igual”

Ma: "No, no acérquense, fíjense bien"

Aos: "Se ve igual"

Ma: "No, se ve más grande, miren, ¿cómo se ve?"

Aos: "Más grande"

La dinámica en el salón de clase consiste en que el maestro enseña y el alumno aprende; eventualmente el maestro hace preguntas para mantener la atención de los alumnos, que más que hacerlos razonar, los involucra en un juego de adivinanzas. El maestro casi siempre inicia una frase y la deja incompleta para que sea adivinada por los niños: "... si pateamos entonces una pelota, la pelota deja una... ¿que?... una trayectoria". Así, a pesar de que la propuesta de los libros de texto es dejar preguntas abiertas para que sean discutidas en el salón de clase, éstas son omitidas y en su lugar los maestros prefieren preguntas cerradas del tipo de la anterior.

Ciencia y sentido común

Existen muchas palabras utilizadas en la ciencia cuyo significado difiere del que tienen en el lenguaje cotidiano. La palabra fuerza, por ejemplo, tiene una definición operacional precisa en física, en cambio se asocia con esfuerzo físico, energía, velocidad o potencia en el uso común. La definición de fuerza dada por el diccionario Larousse es: "Vigor físico, Sinón. Energía, resistencia, vigor, potencia, dinamismo, resorte, verdor, lozanía, robustez". Los niños acostumbran decir: "se me acabaron las fuerzas", "no tienes fuerzas", "come para que tengas fuerzas", "se paró porque se le acabó la fuerza", pensando en la fuerza como combustible o como ímpetu interno del tipo del concebido en la época medieval. Ocurre lo mismo con otros conceptos físicos como el trabajo y la energía. No es entonces sorprendente que los alumnos y los mismos maestros confundan algunas variables físicas y les asocien un significado distinto al científico. No se trata de interpretaciones arbitrarias, sino que sencillamente no distinguen el concepto físico de la palabra cotidiana. Para lograr una utilización y comprensión correctas de estos términos se requiere haberlos usado suficientemente, familiarizarse con ellos a través de la experiencia; es necesario usarlos muchas veces y en diversas situaciones dentro del contexto de la física, de tal manera que sea evidente su generalidad. Adicionalmente hay que hacer notar que estos conceptos no son de ninguna manera triviales sino que contienen una buena dosis de abstracción, su aprendizaje no es posible a partir de inferencias inductivas como si se tratara de conclusiones únicas. Para formular los conceptos de fuerza, trabajo y energía son necesarias generalizaciones que van mucho más allá de la experiencia cotidiana, hay que recordar solamente el esfuerzo requerido por la humanidad para establecerlos.

Otra fuente de confusión común es la utilización de teorías, que llamaremos de sentido común, que los niños han aprendido fuera del salón de clases o han desarrollado con la experiencia y que utilizan para explicar los fenómenos naturales. La manera en que estos modelos explican lo que ocurre a nuestro alrededor casi nunca corresponde con los modelos científicos. Sin embargo, muchas de estas explicaciones de sentido común no sólo predicen adecuadamente los fenómenos en situaciones

específicas sino que además no contienen inconsistencias o contradicciones evidentes, a menos que se generalice su aplicación. La coherencia interna y el valor predictivo de estas teorías las arraiga en el alumno y es muy difícil que las modifique o cambie por otras cuyas ventajas no le parecen suficientes. Lo que frecuentemente ocurre es que las dos teorías, científica y de sentido común, conviven respetando sus ámbitos de aplicación; la primera es utilizada en los ejemplos citados por el maestro o el libro en cuestión y la segunda en el resto de las situaciones. Los estudiantes de niveles superiores y los maestros no están exentos de esta manera ambivalente de pensar. Es claro que los maestros entrevistados sabían de memoria las definiciones del libro de texto y las podrían aplicar correctamente en los ejemplos, pero usaron sus teorías de sentido común al resolver problemas nuevos. Todos los entrevistados entendían que es necesario aplicar una fuerza para mover o detener una puerta o una pelota, pero les fue imposible utilizar la ley de la inercia en otras situaciones.

Para que las teorías de sentido común puedan ser desechadas, es necesario hacer explícitas sus inconsistencias y contradicciones antes de pretender sustituirlas, de tal manera que sean evidentes también las ventajas de las teorías científicas. Sería conveniente que la preparación de maestros y alumnos iniciara con una discusión de sus propios modelos y no se tomara sólo como referencia lo que deben saber o aprender, como si se tratara de llenar un espacio vacío, o de sustituir modelos cuyos errores son obvios incluso para quienes los detentan.

Consideraciones finales

En los problemas tratados es posible proponer alternativas que puedan ayudar al mejoramiento de la enseñanza de la física en la escuela elemental (a pesar de que el presente estudio está realizado en el sexto grado). Una de las dificultades más evidentes, y que con frecuencia se exagera, es la mala preparación de los maestros de base; sin tomar en cuenta que su responsabilidad va más allá de enseñar bien una sola materia, que su formación no es la de un especialista y que su función tiende más hacia la integración de disciplinas que a la profundización. Con lo anterior no pretendo justificar una preparación deficiente, sino acentuar la necesidad de que el maestro cuente con los apoyos necesarios de consulta. Los textos con los que cuenta el maestro en ejercicio son, con mucho, insuficientes. Desgraciadamente los libros de los otros niveles educativos no tienen las características de una obra de consulta y en México la producción de libros y artículos de divulgación científica es todavía muy baja a pesar de reconocidos esfuerzos. Lo más usado por los maestros son los diccionarios enciclopédicos, cuya estructura no favorece en nada la propuesta metodológica de los libros de texto.

La carencia de guías detalladas para la realización de los experimentos es también una necesidad básica; la información proporcionada por los libros gratuitos no satisface las necesidades que enfrenta el maestro en el salón de clase. El Centro de Instrumentos de la UNAM ha desarrollado paquetes de material y guías para los experimentos de física que se encuentran en evaluación, este trabajo podría proporcionar en gran medida la solución a uno de los problemas fundamentales.

Con las dificultades anteriores el maestro se ve muchas veces entre la espada y la pared. Por una parte se le transmiten valores en los que el orden, la disciplina y la obediencia son básicas y se practican en las relaciones magisteriales con una marcada diferenciación de autoridades y donde la mayoría de las decisiones se toman en la cúspide; y en el otro extremo se le propone o impone un currículum con características totalmente distintas que además debe implementar en un espacio poco adecuado y cuidando que su grupo no se “desordene”. La siguiente opinión es representativa: “...yo prefiero platicarles los experimentos con buenos ejemplos, porque si no, se me descontrola el grupo y ya el director me llamó la atención una vez”. Habrá en este caso que romper el círculo en algún punto, ya sea en las escuelas normales o con los maestros en servicio. Lo que es imprescindible en cualquier caso es lograr que la física sea significativa para el maestro, que éste sienta que es importante enseñarla, que es útil, que tiene implicaciones en la vida cotidiana y que es posible integrarla con otras ciencias de una manera natural.

Finalmente, el reconocimiento de la importancia de las teorías de sentido común y de las diferencias semánticas, a partir de lo que se sabe y no de lo que se debería saber puede significar un gran cambio tanto en la formación de los maestros como en su quehacer docente. Son todavía pocas las investigaciones acerca de estos temas y sería deseable que se promovieran a través de grupos interdisciplinarios en las universidades e incluso como parte del trabajo docente de los maestros, los resultados podrían fructificar en libros de texto y de consulta útiles no sólo para el nivel elemental, donde se iniciara con una discusión de las teorías de sentido común más frecuentes. Este tipo de libros pudiera ser útil incluso para estudiantes y muchos maestros de niveles superiores.

El objetivo de mejorar la enseñanza de la física no puede depender exclusivamente del maestro de primaria ni propiciar un aumento excesivo de sus obligaciones. Las acciones en este sentido deberán facilitar en lo posible la labor de los maestros. No sería correcto exigir o culpar indiscriminadamente sin reconocer que muchos de estos problemas están condicionados por factores que van mucho más allá de la acción individual de cada maestro, pero que es posible enfrentarlos y resolverlos con una participación más amplia y una comprensión adecuada.

Referencias

1. Arons A.B., “Student Patterns of Thinking and Reasoning”, *The Physics Teacher* **9** (1983) 576-581; **1** (1984) 21-26; **2** (1984) 88-93.
2. Jara G.S., “Hacia una educación científica”, *Ciencia y Desarrollo* **72** (1987) 67-75.
3. Mach R.H., *Física para poetas*, Ed. Siglo XXI, México (1977) p. 15.
4. Einstein A. e Infeld L., *La física, aventura del pensamiento*, Ed. Losada, Buenos Aires, (1974) p. 250.
5. Champagne A. B., “Children’s Ethnoscience: An instructional perspective”, *Report of the Interamerican Seminar on Science Education*, NSTA, NSF, OAS, 1984.
6. Smith L.M. y Geoffrey W., *The complexities of an urban classroom*, New York Holt Reinhart and Winston Inc., 1968.
7. Avalos B., *Teaching children of the poor: an ethnographic study in Latin America*, Ottawa, IDRC, 1986.

8. CIDEM, *Diagnóstico de la enseñanza de la ciencia y la tecnología en el subsistema de educación primaria*, Morelia, 1986.
9. Esta apreciación toma en cuenta, además de los contenidos de los textos, los objetivos planteados por el Libro para el maestro. Un análisis de los temas de física en los libros de texto gratuitos se encuentra en: Jara G.S., "La física en los libros de texto de educación primaria", *Rev. Mex. Fis.* **35** (1989) 110-122.
10. SEP, *Ciencias Naturales, Tercer Grado*, 1986.
11. SEP, *Ciencias Naturales, Tercer Grado*, 1984. Hasta fines de los años 70 se estuvo editando el *Libro del Maestro* por grados y áreas. Contenía, además del programa por objetivos, información más amplia sobre los contenidos y sugerencias metodológicas.
12. Rockwell E., "De huellas, bardas y veredas: una historia cotidiana en la escuela", *Cuadernos de Investigación Educativa* **3** (1982) p. 91.
13. Ausubel D.P., *Educational Psychology: A Cognitive View*, New York, Holt, Rinehart and Winston Inc. 1968.
14. Hemos experimentado la complejidad del proceso escolar en el aula y las limitaciones de espacios físicos tradicionales al realizar trabajo con grupos completos en escuelas con el objeto de evaluar estrategias que hemos diseñado con grupos pilotos.

Abstract. In this paper a diagnosis of physics education in elementary schools, based on class observations and interviews with pupils and teachers, is presented. Conclusions show that physics is the least efficiently taught natural science. It is pointed out that textbooks are insufficient and teachers' backgrounds are not good enough to make it possible to pursue a satisfactory physics education. Misconceptions and misleading common sense theories are also identified throughout the study. Broader interdisciplinary programs are proposed as a way of improving physics education at the elementary level.