

DIDACTICA

HACIA UN CAMBIO EN LA CONCEPCION DE MOVIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA SECUNDARIA: UN EXPERIMENTO EN CLASE - Primera Parte

ARDEN ZYLBERSZTAJN, SONIA SILVEIRA PEDUZZI, LUIS ORLANDO DE QUADRO PEDUZZI Y SONIA MARIA DA SILVA

Departamento de Física - CFM - Universidad Federal de Santa Catarina - 88040-900 Florianópolis - SC - Brasil

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es investigar la efectividad y las implicaciones didácticas provenientes a la utilización de un abordaje constructivista en la enseñanza de la concepción inercial de movimiento en una clase regular de una escuela secundaria brasileña.

ABSTRACT

The main objective of this work was to investigate the effectiveness and the didactic implications arising from the utilization of a constructivist approach to the teaching of the inertial conception of movement to a regular class of a brazilian secondary school.

Introducción

Desde fines de los años '70, las concepciones alternativas de los estudiantes han sido objeto de gran número de trabajos (Driver, Guesne, Tiberghien 1985; Pfundt. Duit 1988). Más importante que el descubrimiento de un fenómeno nuevo, las investigaciones sobre esa concepciones resultaron en un aporte importante: la interpretación constructivista de sus resultados. Esas concepciones concebidas anteriormente como formas primitivas de comprensión, como errores fácilmente eliminables en el pro-

ceso de educación formal, pasaron a ser tratadas como explicaciones de la realidad que tienen sentido para los individuos que las construyen. La tarea del profesor, en ese contexto, es presentar al estudiante actividades que le hagan reflexionar sobre sus ideas personales con el objetivo de reestructurarlas, cuando sea necesario.

Sin embargo, gran parte de las investigaciones internacionales sobre concepciones alternativas se han centrado en la identificación clasificación de esas concepciones a partir de datos obtenidos por medio de entrevistas y/o cuestionarios. Este tipo de estudio es relevante, y seguramente no se han agotado todavía todos los problemas de investigación en el campo, ya sea que se consideren las cuestiones metodológicas, bien las cuestiones referentes a los contenidos y contextos investigados.

Por otra parte, se hace necesario fomentar investigaciones que tengan como base la sala de clase y como foco el desarrollo conceptual de los alumnos dentro de un abordaje constructivista. Los autores que se ocupan de la materia han propuesto algunas indicaciones de orden general sobre estrategias pedagógicas y se ha logrado un cierto consenso con respecto a la importancia de que

- a) Los alumnos tengan oportunidad de a

- rar sus concepciones para sí y para otros;
- b) se analice y se exploten estas concepciones en sala de clase;
- c) se comparen y se contrasten las concepciones "científicas" y las concepciones alternativas para conocimiento de los límites del poder explicativo de uno y otro tipo de concepción;
- d) se aplique la concepción "científica" a situaciones ya conocidas y a situaciones nuevas.

Aunque este conjunto de indicaciones ofrezca base sólida para el comienzo de investigaciones en ese campo, hace falta un mayor número de experimentos en que conceptos específicos hayan sido examinados en contextos bastante definidos como en los trabajos de Nussbaum, Novik (1981) y Peduzzi, Peduzzi (1988).

La necesidad urgente de que se promuevan investigaciones cuyo tema sea la clase fue idea bastante destacada por White (1994) cuando señala que: *"... el éxito popular de esas investigaciones hará que los profesores comiencen a preguntarse: ahora que ya sabemos que ese problema de las concepciones alternativas existe, ¿qué podemos hacer respecto a eso? Ellos se volverán hacia los investigadores en demanda de ayuda para encontrar respuestas, conscientes de que fueron los investigadores quienes plantearon el problema."*

Frente a eso, se decidió estructurar una investigación con el objetivo de examinar la eficacia y las implicaciones didácticas provenientes de una abordaje constructivista para la enseñanza de las leyes de Newton en la escuela secundaria, sobre todo en relación a la evolución conceptual de los alumnos sobre la visión inercial de la relación entre fuerza y movimiento (Zylbersztajn, Peduzzi, Peduzzi, Silva, 1990).

La realización de esa investigación comprendió:

- a) planificación de un curso sobre las leyes de Newton con selección y progresión de contenidos, definición de procedimientos

- didácticos y materiales utilizados (textos y cuestionarios);
- b) aplicación experimental del curso en situación real de sala de clase;
- c) evaluación del curso en cuanto a su eficacia para promover el cambio de las concepciones de los alumnos y en desarrollar actitudes más favorables hacia la enseñanza de Física;
- d) análisis de los procesos ocurridos en clase durante la realización del curso;
- e) evaluación de los procedimientos y de los materiales didácticos desarrollados.

Descripción de la unidades

El curso se dividió en cinco unidades:

Unidad 1: Introducción al estudio de Dinámica = Discute, de forma introductoria, la noción de fuerza como concepto físico y explora su representación simbólica, por medio de vectores, en situaciones de reposo y de movimiento. Trata también la adición y sustracción de fuerzas por el método geométrico. Esta unidad se desarrolla por medio de un texto en forma de diálogo, y tiene como protagonista el "Principito" de Saint Exupéry (1982).

Unidad 2: Dinámica del movimiento: de Aristóteles a Galileo - Presenta la evolución histórica de las concepciones respecto a la relación entre fuerza y movimiento, partiendo de la visión de Aristóteles, continuando con la teoría medieval de "impetus" y concluyendo con las ideas de Galileo. Esta unidad pone de relieve la necesidad de introducir la concepción inercial de movimiento por medio de un abordaje histórico, tomando en cuenta la semejanza entre las concepciones alternativas de los alumnos y las teorías pregalileanas, principalmente aquellas que se basan en la idea de fuerza impresa (Gilbert, Zylbersztajn 1985; Solis Villa 1984).

Unidad 3: 1a. y 2a. leyes de Newton - Introduce las dos primeras leyes de Newton aplicadas al caso de movimientos

rectilíneos, presentando situaciones en que las concepciones alternativas son puestas en evidencia y discutidas, y se inicia la resolución de problemas numéricos simples.

Unidad 4: Fuerzas en el movimiento curvilíneo - Extiende la 2a. ley de Newton al caso de movimientos curvilíneos y generaliza los conceptos de velocidad y aceleración, considerando la dirección y el sentido. Esta unidad está escrita bajo la forma de un estudio dirigido y se basa en un capítulo del libro "A evolução da Física" de A. Einstein y L. Infeld (1980).

Unidad 3: 3a. Ley de Newton - Presenta el Principio de Acción y Reacción y una serie de problemas clásicos de dinámica en que se busca integrar las tres leyes de movimiento.

Las unidades 2, 4 y 5 están precedidas de cuestionarios cuyo objetivo es la identificación de posibles concepciones alternativas a fin de que esas concepciones sean discutidas posteriormente en clase.

Seguimiento y Evaluación

Para evaluar la eficacia del abordaje constructivista propuesto se decidió por la adopción de técnicas de naturaleza tanto cualitativa cuanto cuantitativa. A través de la combinación de diferentes procedimientos se buscó captar las diferentes facetas del experimento realizado dentro del espíritu de la evaluación iluminativa (Parlett, Hamilton 1978). Así los autores de este trabajo acompañaron las clases (grabadas en cintas magnetofónicas y transcritas) para verificar las interacciones ocurridas en el transcurso de las actividades y, a su vez, intentar rescatar la atmósfera predominante después de la introducción de la nueva metodología. Se evaluó la receptividad de los alumnos por medio de sus reacciones en clase (interacción con las actividades propuestas, atención y comentarios) y por medio de entrevistas al fin del curso.

Se discutieron con los profesores aplicado-

res los procedimientos didácticos propuestos en ese curso, y ellos tenían libertad de adaptar el curso a sus condiciones concretas y a su estilo. Además, las observaciones en clase tenían como objetivo también constatar si dichas adaptaciones no comprometían el abordaje utilizado.

En lo tocante al desarrollo conceptual de los alumnos se buscó evaluar en primer lugar si éstos habían adquirido una concepción inercial de movimiento. Para este caso, se aplicaron técnicas de naturaleza cuantitativa, comparándose el desempeño de los alumnos después de la instrucción con las repuestas dadas en los cuestionarios antes de la instrucción. Además, en una segunda aplicación experimental de este curso, se dirigió la atención hacia el grado de retención de los nuevos conceptos, por medio de un nuevo cuestionario aplicado seis meses después del fin del curso. La oportunidad de hacer un test para medir la retención sirvió también para realizar un estudio comparativo entre los alumnos que habían participado del curso experimental y otros de la misma escuela y de nivel correspondiente que habían asistido a clases convencionales.

1ª Aplicación del experimento

Las tres primeras unidades han sido probadas preliminarmente en dos clases de la primera serie de la secundaria de escuelas públicas provinciales. Los profesores responsables por esas clases han participado de reuniones con el equipo del proyecto antes y durante el semestre escolar, en el curso de esas discusiones se discutió la problemática de las concepciones alternativas, así como los procedimientos y los materiales relativos al curso. Las unidades 4 y 5 no han sido objeto de test debido a una huelga de los funcionarios estatales de 5 semanas de duración. A pesar de tal ocurrencia, hubo tiempo para recopilar datos provenientes de observaciones en clase, en-

entrevistas, cuestionarios conceptuales y discusiones con los profesores que han resultado en la 1.ª evaluación del experimento.

El primer grupo (Grupo A) hacía parte de un Instituto Provincial de gran porte y estaba compuesto por 25 alumnos de 16 a 20 años de edad. Eran tres clases semanales durante el período nocturno. Otro grupo (Grupo B) contaba con 23 alumnos entre 15 y 16 años, y hacía parte de una escuela provincial de tamaño mediano, con tres clases semanales de Física, en el período diurno.

Las observaciones en clase demostraron que el profesor del grupo A se adaptó de manera rápida al abordaje propuesto, y logró implementar el programa dentro de lo establecido. Los alumnos se involucraron de forma positiva en las actividades; los cuestionamientos y discusiones suscitados por la nueva metodología produjeron una participación más activa e intensa que la exhibida por los mismos alumnos en el primer semestre, antes del proyecto. Este aspecto fue confirmado en las entrevistas realizadas al fin del curso, en las cuales los alumnos han revelado que les gustó mucho la oportunidad ofrecida ya que han podido involucrarse en las discusiones de manera más participativa en ese nuevo abordaje que en las clases anteriores cuyo abordaje era otro.

Por otro lado, el profesor del grupo B encontró dificultades en adaptarse a la nueva propuesta y a veces manifestó no haberse dedicado de manera adecuada al estudio de los materiales y a la preparación de las clases. Además de los problemas observados en el manejo de las actividades, no tenía control suficiente sobre el comportamiento de los alumnos. Eso fue observado por los alumnos que reconocieron, en las entrevistas, que el aprovechamiento del curso podía haber sido mejor si no hubiera habido tanta indisciplina en las clases. Ese problema de disciplina, sin embargo, ya se lo había notado en las observaciones realizadas antes de la aplicación del nuevo abordaje y,

por lo tanto, no debe atribuirse al mismo.

Como el objetivo principal de la investigación, en términos conceptuales, era facilitar fuerza y movimiento, se aplicó un cuestionario al inicio de la Unidad 2 con el fin de hacer que los alumnos reflexionaran sobre sus propias ideas. Ese cuestionario fue útil también para el reconocimiento de las concepciones de los alumnos, y para la elaboración de una línea básica a partir de la cual se medía la evolución conceptual de los estudiantes. El análisis de las respuestas dadas por los dos grupos a este cuestionario ha demostrado, como era lo esperado, una tendencia generalizada de asociación entre fuerza y velocidad.

En el Grupo A, la evaluación realizada al fin de la Unidad 3 comprobó que la concepción no inercial no sufrió modificaciones considerables después de la instrucción. Se pensó en una hipótesis que explicará este desempeño pobre: la Unidad 2 quedó comprimida entre dos unidades más grandes y no recibió la atención necesaria y proporcional a su importancia conceptual. Otro aspecto considerado por los autores de este trabajo es que el texto de la Unidad 2 no aclaraba suficientemente cuál de las teorías presentadas (Aristóteles, "impetus", y Galileo) debería ser considerada como la que se acepta actualmente. Esta opinión fue confirmada por varios alumnos que, en las entrevistas, afirmaron que se habían sentido confusos cuando estudiaron esta unidad. Dicha evaluación coincidió con el inicio de la huelga. Cinco semanas después, cuando recomenzaron las clases, el profesor hizo un repaso de la presentación histórica, y procuró poner de relieve las diferencias entre las teorías y llamar la atención hacia el más fuerte poder explicativo de la teoría desarrollada por Galileo. Destacó también la semejanza entre las concepciones de los alumnos y la teoría medieval de "impetus". Se notaron reflejos de este repaso en la aplicación de un cuestionario en el principio de la Unidad 4 cuando se hacía un sondeo sobre las concepciones de

los alumnos sobre fuerzas en movimiento curvilíneo. Por ejemplo, cuando respondieron una cuestión sobre las fuerzas que actuaban en el movimiento de un proyectil diseñado oblicuamente (cañón), 60% de los alumnos indicaron, correctamente, tan sólo la fuerza peso y el roce con el aire y no hicieron referencia a una supuesta "fuerza de impulsión" del cañón incorporada a la bala, como se podría esperar de estudiantes con una concepción no inercial de la relación entre fuerza y movimiento. Este desempeño sorprende porque la cuestión propuesta es más compleja que aquellas preguntas sobre movimientos rectilíneos, y eso parece indicar que los alumnos que respondieron correctamente han progresado en relación a una concepción inercial.

Para el Grupo B se emplearon instrumentos descriptivos idénticos que para el Grupo A. No se observó, en ese caso, cambio significativo - todos los alumnos, prácticamente, siguieron asociando fuerza con dirección del movimiento, como hacían antes de la instrucción. El profesor del Grupo B, sin embargo, no hizo ningún tipo de repaso, después de la huelga, como lo había hecho el profesor del Grupo A. Así es de suponer que la mayoría de los estudiantes hayan terminado el semestre sin alteraciones en sus ideas no inerciales. Los resultados de aplicación en ese grupo atestiguan que el éxito en ese abordaje no vuelve nulo el papel del profesor, por eso la investigación entre metodología y profesor debería ser cuidadosamente examinada en nuevas aplicaciones.

Referencias Bibliográficas

- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A., 1985. *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- EINSTEIN, A. y INFELD, L., 1980. *A avaliação da Física*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, c.1.
- GILBERT, J. K. y ZYLBERSZTAJN, A., 1985.

- *A conceptual framework for science education: the case study of force and movement*. European Journal of Science Education, 7(2), pp. 107-120.
- NUSSBAUM, J. y NOVIK, S. 1981. *Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study*. The School Science Review. 62(221), pp. 771-778.
- PARLETT, M. y HAMILTON, D., 1976. *Evaluation as illumination: a new approach to the study of innovatory programmes*. In D. Hamilton et al. *Beyond the numbers game*. London: MacMillan.
- PEDUZZI, S. S. y PEDUZZI, L. O. Q. 1986. *Leis de Newton: uma forma de ensiná-las*. Caderno Catarinense de Ensino de Física. 5(3), pp. 142-161.
- PFUNDT, H y DUIT, R., 1988. *Bibliography: students alternative frameworks and science education*. Federal Republic of Germany, Kiel: University of Kiel.
- SAINT-EXUPERY, A. 1982. *O pequeno príncipe* Rio de Janeiro, Livraria Agir Editora.
- SOLIS VILLA, R., 1984. *Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 2(2), pp. 83-89.
- WHITE, R. J., 1984. *Research on cognitive and conceptual change: an Australian and New Zealand perspective*. Paper given at the meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- ZYLBERSZTAJN, A., PEDUZZI, L. O. Q., PEDUZZI, S. S. y SILVA, S. M., 1990. *O ensino da dinâmica através de uma abordagem construtivista*. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 3, Porto Alegre (Brazil).