
ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL NIVEL MEDIO: UN ESTUDIO DE CASO SOBRE EL USO DE SITUACIONES MUY IDEALIZADAS COMO EJEMPLOS

Silvia Ragout de Lozano
Instituto de Física
Universidad Nacional de Tucumán
Argentina

Resumen

En este estudio de caso se intenta mostrar cómo la inadecuada estrategia instruccional empleada por un docente que domina satisfactoriamente los contenidos puede generar en sus alumnos, adolescentes de 14 años, una actitud totalmente negativa hacia la disciplina que pretende enseñarles.

Se analiza cómo el empleo de situaciones problemáticas muy idealizadas como ejemplos desencadena en el alumno una serie de confusiones y bloqueos, nacidos de la contradicción entre su saber empírico, y lo que se le plantea en los ejercicios a resolver.

Se muestran las características de la instrucción previa y se reseñan algunas de las reflexiones de un alumno, ante la tarea de “aplicar la teoría” en la resolución de problemas de Estática.

Se sugieren alternativas didácticas, fundamentándolas en resultados de la investigación educativa, y en aportes de la psicología del aprendizaje.

I. Introducción

En un estudio etnográfico (Ragout de Lozano y Cárdenas, 1994), realizado en un taller de perfeccionamiento docente para profesores de Física, mostramos cómo la forma en que es presentado un contenido influye de manera muy notable sobre el aprendizaje del mismo. Hicimos también referencia a los profesores que poseen un sólido dominio conceptual, pero que al carecer de formación pedagógica, tienen dificultades para realizar su labor docente de manera eficiente.

En este trabajo, y para profundizar lo señalado en el párrafo anterior, el interés se centra en alumnos (del mismo curso y cuyo profesor es un ingeniero), que presentan serios problemas de aprendizaje de la Física. Cabe destacar que el porcentaje de alumnos aplazados en el curso es del orden del 85%, y que los estudiantes aprobados cuentan, sin excepción, con profesor particular.

El objetivo inmediato perseguido en esta investigación fue conocer cómo percibían los alumnos el proceso enseñanza-aprendizaje, fundamentalmente en lo referente a la aplicación de los conceptos teóricos, y qué actitud mostraban hacia el profesor y hacia la disciplina.

II. El estudio realizado

El estudio de caso aquí presentado forma parte de un estudio más amplio realizado con alumnos de 2º año (edad promedio 14 años) de una Escuela Técnica no estatal. Se emplearon como fuentes de información entrevistas con los alumnos, material de estudio impreso, notas de clase, evaluaciones y cuestionarios impresos.

Los alumnos fueron entrevistados en cinco oportunidades diferentes, mientras encaraban la tarea de resolver ejercicios de aplicación de los conceptos y leyes de la Cinemática, tanto de movimiento rectilíneo como de movimiento en el plano, y de la Estática, propuestos por el profesor como tarea para la casa.

De los registros obtenidos con diferentes alumnos, seleccionamos un caso, J, por parecernos representativo y elocuente.

El proceso enseñanza-aprendizaje visto por los alumnos

En base al análisis de la información reunida, el proceso enseñanza-aprendizaje puede esquematizarse como sigue:

CARACTERISTICAS	
Contenido de la educación	_____ - CONOCIMIENTO
Teoría de conocimiento	_____ - SENSORIAL _____ - EMPIRISTA
Proceso enseñanza aprendizaje	_____ - VERBALISTA _____ - MEMORISTA _____ - EMPIRISTA
Rol del docente	_____ - PROTAGONICO _____ - ACTIVO
Concepción del alumno	_____ - TABULA RASA _____ - PASIVO
Relación entre docente y alumno	_____ - MUY ASIMETRICA _____ - SIN DIALOGO

MODELO PEDAGÓGICO al que se ajusta la instrucción:
ESCUELA TRADICIONAL

RECURSOS DIDACTICOS	CARACTERISTICAS
Clase magistral	Monótona, abstracta, sin demostraciones, puramente teórica.
Resolución de problemas "tipo"	Ignoran la estructura cognoscitiva del alumno.
Laboratorio	Inexistente

MATERIAL DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS
Apuntes de la teoría redactados por el profesor (sin ejemplos)	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptualmente correctos - Abstractos, nivel elevado - Poco motivadores - Mal ilustrados
Colección de ejercicios y problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento matemático fuera del alcance de los alumnos - Contradictorios con el conocimiento empírico de los estudiantes. - Repetitivos

Análisis de una situación puntual: la enseñanza de la estática

Como se aclaró oportunamente, el estudio realizado se llevó a cabo a lo largo de varias sesiones de trabajo con los alumnos, en las que se trataron diferentes temas del programa de la materia, pero en este trabajo sólo se analizarán algunas cuestiones que surgieron durante el estudio de la Estática.

Después de la exposición teórica realizada por el docente durante la clase, en general poco y mal comprendida, los alumnos debían estudiar los apuntes redactados por el profesor y trabajar en su casa con una lista de ejercicios y problemas.

En el apunte se mostraban los métodos gráficos y analíticos para encontrar la resultante de sistemas de fuerzas. En términos generales puede señalarse que, si bien los apuntes eran conceptualmente correctos, el nivel de los mismos estaba fuera del alcance de los alumnos: las funciones trigonométricas usadas en los métodos analíticos, no fueron bien manejadas por los alumnos, pues sólo tenían escasas nociones de trigonometría y una comprensión deficiente del concepto de "función". Cuando se estudiaron con algún detalle diferentes casos de sistemas de dos fuerzas paralelas, la relación de Stevin (sin demostración), tampoco era comprendida, y sólo representaba para los alumnos una "fórmula en la que hay que reemplazar valores numéricos". Es de destacar que como en esta relación se trabaja con proporciones, los estudiantes sólo pueden

manejar algorítmicamente los procedimientos que las incluyen, puesto que aún no han desarrollado esta operación que es una de las que caracteriza al pensamiento formal (Piaget, 1964).

Problemas al resolver un problema

Un “problema de aplicación” que los alumnos debían resolver era:

“En un extremo de una viga de 2m de largo se aplica una fuerza, perpendicular a la viga, de 80N, y en el otro extremo una fuerza de 120N paralela a la anterior, y en el mismo sentido. ¿ Cuánto vale la fuerza resultante, y cuál es su punto de aplicación?”

Se transcribe parte del diálogo que un alumno, J, que no pudo resolver el problema, mantuvo con el entrevistador:

E – ¿ Por qué no hiciste el ejercicio?

J – Porque... no entiendo cómo “funciona” esta viga.

E – ¿ Por qué?. Es igual al caso de las dos fuerzas paralelas que está en el apunte.

J – Es que... me parece que no puede ser.

E – ¿ Qué es lo que te parece que “no puede ser”?

J – Y bueno... yo pienso que si a una viga se le aplicaran esas fuerzas en las puntas, una más grande que la otra, la viga giraría ¿ no es cierto?, y bueno, ¿ dónde se ha visto una VIGA que GIRE?

E – ... Eh... pero en el problema no se dice que esas son las únicas fuerzas..., debe haber otras...

J – Pero no dice que hay otras. Y yo ¿ cómo puedo saber si hay o no hay?

E – Es que en realidad no interesa, sólo te preguntan cuánto vale la resultante de “esas” dos fuerzas que te dan, y dónde se aplicaría.

J – Y eso para qué me sirve, si yo sé que las vigas no tienen que girar...

.....
.....
.....

Resulta claro que al alumno le resulta difícil realizar abstracciones, necesita y retorna al referente empírico y no sabe que, en realidad, para resolver el problema debe usar un modelo conceptual de la viga. La imagen de la viga girando lo bloquea y le impide ubicarse en la situación idealizada del enunciado.

El problema continuaba: “... Suponga ahora que la fuerza de 80N tiene sentido contrario a la de 120N y encuentre la resultante y su punto de aplicación”.

(J quedó pensando, sin escribir nada)

E – En el apunte se analiza un caso así, ¿ por qué no le das una mirada?

(J leyó un rato y garabateó un dibujo)

J – ¡ Ahora sí que ya no entiendo nada!. ¡ Esto es la incoherencia total!

E – ¿ Por qué decís eso?. Si no hay nada nuevo... Ya te expliqué que en realidad encontrar la resultante y su punto de aplicación te dice dónde habría que aplicar una fuerza única que hiciera ella sola lo que hacen las otras dos juntas.

J – Sí, pero... ahí en el apunte, mire el dibujo. ¡ Si la fuerza de una punta está para arriba y la de la otra está para abajo... a la resultante hay que dibujarla “más lejos”, fuera de la barra! (y agregó con rabia) ¿ Me quiere decir cómo se hace para empujar una viga sin tocarla?

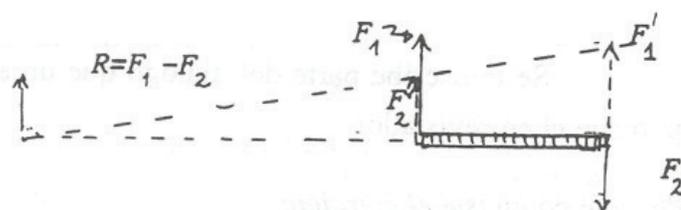


Diagrama del apunte

En este caso el desconcierto aumenta porque la abstracción que debe hacer es aún mayor que en el caso anterior. No logra comprender el para qué, la teoría que debe aprender no le resulta creíble ni mucho menos útil, y entonces, no la puede aceptar.

En un trabajo reciente, Brown (1992) señala que el desempeño de estudiantes en la tarea de responder preguntas acerca de ejemplos de aplicación de un principio o ley física, depende fuertemente de que el ejemplo tenga sentido o no para los alumnos: aún en el caso de que se den cuenta de que una ley o principio es aplicable a una situación dada, los alumnos, lisa y llanamente, se rehusan a hacerlo si el ejemplo les parece sin sentido. Este resultado es corroborado por el que aquí se presenta.

III. Algunas observaciones y sugerencias

El material de instrucción empleado con los alumnos entrevistados es de un nivel inadecuado a la “estructura de recepción” de los estudiantes. Aunque es obvio que un profesor debe conocer en profundidad los contenidos de la materia que enseña, no debe caer en el error de enseñarla tal como él la aprendió durante su preparación profesional.

Durante esta investigación se pidió al grupo de alumnos que resolvieran aquellos ítems del test escrito de Griffith y Weiner (1982) diseñados para averiguar si los sujetos saben trabajar con proporciones. TODOS los entrevistados fracasaron, y trabajaron con diferencias entre las magnitudes intervinientes, en lugar de hacerlo con razones entre ellas. Esto permite

afirmar que los alumnos no están aún en condiciones de operar matemáticamente en forma autónoma con magnitudes que guardan relaciones de proporcionalidad. En el mejor de los casos, podrán aplicar algoritmos en forma correcta, pero revelando la posesión de un hábito irreflexivo en lugar de la operación que demostraría la realización de un aprendizaje operativo. (Cudmani, Lozano y Lewin, 1981).

Es de hacer notar que J asoció las fuerzas aplicadas sobre la viga con una imagen de una viga en movimiento. Aquí aparecen dos preconcepciones muy arraigadas, una que vincula fuerza con velocidad, y la otra el reposo con la ausencia de fuerzas (Ragout de Lozano, Cárdenas y Katz, 1988).

Otra dificultad adicional es que en los problemas escolares se usa generalmente material simbólico, y resultan ser problemas cuyo enunciado es puramente verbal pero que remiten a situaciones concretas. “El sujeto debe entonces representarse la realidad (¡y no puede, a los 14 años, dejar de hacerlo!) que corresponde a estos enunciados, lo que da lugar a dificultades que no se presentan en los problemas concretos” (P. Oléron, 1983) (el paréntesis dentro de la cita es nuestro).

De lo anterior podemos concluir que, al ignorar la estructura cognoscitiva del alumno, el profesor no puede seleccionar adecuadamente los contenidos, su nivel y la forma de presentación, con la consecuencia de que si el objeto de conocimiento está muy alejado de los esquemas disponibles del alumno, éste no podrá atribuirle significado.

Al no tomar en cuenta el hecho de que sus alumnos no han adquirido aún las capacidades operatorias propias del pensamiento abstracto, el profesor se excede en las exigencias, y conduce el proceso enseñanza-aprendizaje al fracaso, pues no logrará un aprendizaje significativo. Al forzar la transmisión del conocimiento, el único camino posible que le queda al alumno es caer en el memorismo, en el “aprendizaje” repetitivo, sin la mediación de un proceso de comprensión, y por lo tanto, de escaso o nulo valor funcional.

Es reconocido en múltiples trabajos sobre cambio conceptual (Strike & Posner, 1991; Hewson & Thorley, 1989; Hewson & Hennessey, 1991) que para que el aprendizaje de ideas nuevas ocurra, estas deben parecer inteligibles, plausibles y fructíferas, lo que evidentemente no ocurre en el caso que estamos analizando. Recordemos la frase ya transcrita de J “Y eso para qué me sirve si...”, que muestra que la nueva idea no le parece útil a raíz del ejemplo poco afortunado que escogió el docente. La idea de calcular una fuerza resultante y un punto de aplicación de la misma, tampoco parece tener sentido para J, cuando comprueba que, en la segunda parte del ejercicio, el punto de aplicación resulta hallarse fuera de los límites del objeto real.

Por otra parte, como lo expresa tan claramente Halbwachs (1985), “...*la fuerza como vector, es decir esquematizable mediante una flecha, que puede componerse con otras, que se puede proyectar, etc., es del dominio de la abstracción reflexionante... Hacia los 14 años existe en forma incipiente, pero sólo para prever el efecto dinámico; para componer fuerzas en equilibrio necesitará algo más de tiempo*”.

El profesor debería recurrir a experiencias sencillas para mostrar el carácter vectorial de la fuerza, primero en sus manifestaciones dinámicas para luego, quizás, llegar a la estática como caso particular. En el caso particular que estamos analizando, el docente, para ilustrar sus apuntes donde muestra los métodos gráficos y analíticos para encontrar la resultante de dos fuerzas paralelas de sentido contrario, pudo ubicarlas de manera que la resultante cayera dentro de los

límites de la viga, con lo que hubiera evitado un resultado que puede parecer absurdo a quienes no están acostumbrados a manejar abstracciones.

Resulta clara la importancia que tienen los saberes extraescolares en todo proceso de aprendizaje, por lo que al diseñar las actividades de clase, el profesor no debería asumir implícitamente que el estudiante será capaz de trabajar con modelos abstractos, sin remitirse inmediatamente a “sus” referentes concretos. Para que los alumnos encuentren sentido a las conceptualizaciones físicas, primero deberán comprender que la ciencia modeliza la realidad y tiene como referentes a los modelos y no a la realidad misma.

La capacidad de manejar abstracciones (por ej., una “viga ideal”, “fuerza resultante”) debería ser lograda mediante aproximaciones sucesivas (Villani, 1992), partiendo desde lo concreto para ayudar al alumno a formar y dilucidar conceptos mediante la observación cualitativa que le permitirá advertir, o al menos sospechar, las relaciones operatorias entre los mismos, fundamentalmente a través de las posibles relaciones causales que atribuirá a los fenómenos.

IV. ¿ Y el dominio afectivo?

Una observación que no dejó de resultar sorprendente es que pese al fracaso generalizado, los alumnos no manifiestan sentimientos negativos hacia el profesor.

E – ¿ Y qué pensás del profesor?

J – Y, “(sobrenombre)” no es malo, él trata de enseñarnos pero lo que pasa es que no nos sabe enseñar, él sabe para él, y bueno, nosotros no le entendemos. Nos aplaza porque no sabemos y ya casi ni estudiamos. ¿ Para qué?

E – ¿ Y de la Física qué pensás? ¿ Te interesa?

J – ¿ Qué me va a interesar si no entiendo nada!. Yo creía que era otra cosa. A mí ese montón de fórmulas me marea, no lo entiendo, no me gusta. No, la Física no me gusta.

.....
.....
.....

A este chico, alumno de una Escuela Técnica, “la Física” no le gusta. Lamentable resultado de una interacción docente-alumno, que probablemente pudo evitarse, si el profesor hubiera tenido una formación docente apropiada.

V. Cuestiones pendientes

a) ¿ Cómo interpreta ese profesor la situación enseñanza-aprendizaje?. ¿ Cómo explica el fracaso de la mayoría de sus alumnos?

b) ¿ Qué debemos y podemos hacer los que nos dedicamos a la investigación educativa en situaciones como la aquí presentada?

VI. Referencias Bibliográficas

- BROWN, David E. "Using examples and analogies to remediate misconceptions in Physics: factors influencing conceptual change". **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 1, p.17-34, 1992.
- CUDMANI, L. de; LOZANO, S. R. de; LEWIN, A. M. F. de. "El problema de aplicación como instrumento de aprendizaje operativo". **Revista Brasileira de Física**, v. 11, n. 1, 1981.
- GRIFFITH, W. T.; WEINER, E. "Development of a written test of formal logic operations used in science". Comunicación personal, 1982.
- HALBWACHS, F. "La Física del Profesor entre la Física del Físico y la Física del alumno". **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 1, n. 2, 1985.
- HEWSON, P. W.; HENNESSEY, M. G. 1991. En R. Duit, F. Goldberg & Hans Niedderer (Eds.). "Making Status Explicit". *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen.
- HEWSON, P. W.; THORLEY, R. "The condition of conceptual change in the classroom". **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 5, p. 541-553, 1989.
- OLÈRON, P. 1983, en Fraise y Piaget, "La inteligencia". Ed. Paidós, Barcelona.
- PIAGET, J. "Cognitive development in children: development and learning". **Journal of Research in Science Teaching**, v. 2, p. 176-186, 1964.
- RAGOUT DE LOZANO, S., et al. "El aula como Sistema Cultural: seis etnografías en Tucumán". Ed. Inst. de Investigaciones en Cs. de la Educación. Univ. Nac. de Tucumán. Argentina, 1994.
- STRIKE, K.; POSNER, G. 1991. En R. Duschl & R. Hamilton (Eds) *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and practice*, Albany, N. Y.: SUNY Press.
- VILLANI, A. "Conceptual Change in Science and Science Education". **Science Education**, v. 76, n. 2, p. 223-237, 1992.
- Nota: Una versión preliminar de este trabajo fue publicada en las Memorias de la Octava Reunión Nacional de Educación en la Física (REF 8), realizada en Rosario, Argentina, en octubre de 1993.