



# SUPLEMENTO ACADÉMICO

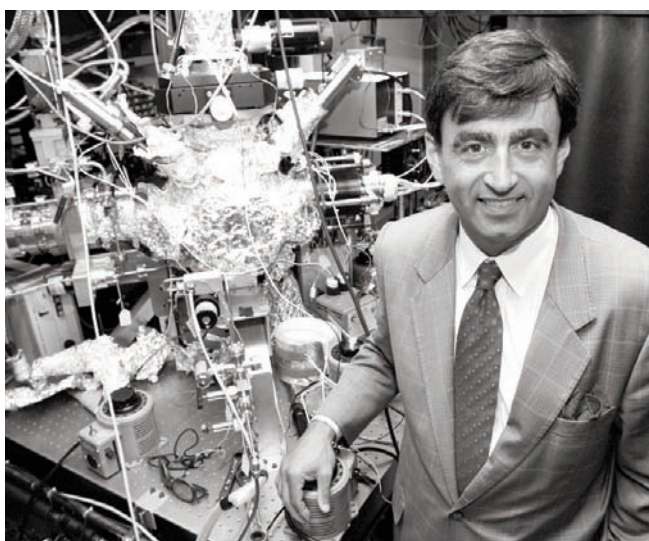
FEBRERO • 2010

## COMPRENSIÓN O MEMORIZACIÓN: ¿ESTAMOS ENSEÑANDO LO CORRECTO?

*Eric Mazur*

*Departamento de Física, Universidad de Harvard, USA*

Cuando me preguntan qué hago para ganarme la vida y contesto que soy *físico*, frecuentemente oigo historias de horror de física — ¡casi hasta el punto de hacerme sentir avergonzado de ser físico! Esta sensación general de frustración con los cursos de física introductoria (mecánica, electricidad, y magnetismo) está generalizada entre los estudiantes de especialidades distintas de la física que están obligados a tomar cursos de física. Incluso los estudiantes cuya especialización es física están frecuentemente insatisfechos con los cursos introductorios y una gran parte de ellos que inicialmente estaban interesados en física terminan estudiando otras especialidades.



estado presente desde los tiempos de Maxwell y recientemente ha sido publicada por Sheila Tobías.<sup>1</sup> Tobías preguntó a un número de graduados en humanidades y ciencias sociales auditar los cursos de física y describir sus quejas. Uno podría estar tentado a no considerar las quejas de estudiantes, cuya especialización no es física, los cuales no están interesados en la física. La mayoría de estos estudiantes, sin embargo, no se *queja* de otros cursos.

El modo en que la física es enseñada en la década del 1990 no es muy diferente del modo que era enseñada en 1890 (a un público mucho más pequeño y más especializado)

La frustración con los cursos introductorios de física ha

La propuesta básica de los libros de texto de los cursos de introductorios de física no ha cambiado in cien años, pero el público si ha cambiado. La física se ha convertido en piedra angular para muchos otros campos incluyendo la química, la ingeniería y las ciencias de la vida. Como resultado, el registro de alumnos en los cursos de física ha crecido enormemente, siendo la mayoría de ellos estudiantes de especialidades distintas de la

### RESPONSABLE DE LA PUBLICACIÓN:

UNIDAD DE DESARROLLO CURRICULAR  
SANDRA P. SÁNCHEZ  
udc@epn.edu.ec  
Teléfono: 2507144 Ext. 2525



física. Este cambio en la constitución, de los alumnos cuya especialidad es física, interesados en la materia, con respecto a los alumnos cuyas especialidades no son física y que están obligados a tomar la materia, - 'cautivos' como los llama Richard Crane<sup>2</sup>, ha causado un cambio significativo en la actitud de los estudiantes hacia la materia ha convertido la enseñanza de la física en un verdadero reto. Mientras que los métodos tradicionales de enseñanza han producido muchos científicos e ingenieros exitosos, muchos estudiantes están desmotivados por los métodos convencionales. ¿Qué, entonces, está mal con los métodos de los cursos introductorios de física?

En los últimos nueve años he enseñado un curso introductorio de física para ingeniería y ciencias en la Universidad de Harvard. Hasta que hace unos años enseñaba un curso bastante tradicional en presentaciones de clase animadas por demostraciones en clase. En general estaba satisfecho con mis clases durante estos años - a mis estudiantes les iba bien en lo que yo consideraba problemas difíciles y las respuestas que recibía de ellos eran muy positivas<sup>3</sup>. De lo que yo sabía no había muchos problemas en mis clases.

Hace unos años, sin embargo, me topé con una serie de artículos<sup>4</sup> de Davis Hestenes de la Universidad del Estado de Arizona., los cuales francamente, 'abrieron mis ojos'. En estos artículos Hestenes muestra que los estudiantes entran a sus primeros cursos de física con creencias fuertes e intuiciones sobre los fenómenos físicos comunes. Estas nociones son derivadas de las experiencias personales y del color de las interpretaciones de los estudiantes del material presentado en los cursos introductorios. Las investigaciones de Hestenes muestran que la enseñanza cambia muy poco estas creencias de 'sentido común'.

Por ejemplo, después de un par de meses de enseñanza de física, todos los estudiantes serán capaces de enunciar la tercera ley de Newton - 'acción y reacción' - y la mayoría de ellos podrá aplicar esta ley en problemas numéricos. Un pequeño sondeo superficial, sin embargo, muestra rápidamente que muchos de estos

estudiantes carecen de una comprensión fundamental de la ley. Hestenes proporcionó muchos ejemplos en los cuales a los estudiantes se les preguntaba comparar las fuerzas que diferentes objetos ejercían uno sobre otro. Cuando se les preguntaba, por ejemplo, comparar las fuerzas en una colisión entre un camión pesado y un auto ligero, una gran parte de la clase firmemente creía que el camión pesado ejercía una fuerza mayor sobre el auto ligero que a la inversa. Cuando leía esto, mi primera reacción fue 'No mis estudiantes...!'

Intrigado, decidí probar la comprensión conceptual de mis estudiantes, también como la de los estudiantes de la especialización de física en Harvard. El primer aviso vino cuando les di la prueba a mi clase y un estudiante preguntó ¿Profesor Mazur, Cómo debo contestar estas

preguntas? '¿De acuerdo a cómo usted nos ha enseñado, o del modo en que pensamos?' A pesar de este aviso, los resultados de la prueba fueron un shock: Los estudiantes pasaron apenas un poco mejor en la prueba de Hestenes que en la prueba parcial de dinámica rotacional. Pero, La prueba de Hestenes es sencilla - sí, probablemente demasiado sencilla para ser considerada seriamente como una prueba por algunos colegas - mientras que el material cubierto en la evaluación (dinámica rotacional momento de inercia) pienso, fue de mayor dificultad.

Invertí muchas, muchas horas discutiendo los resultados de esta prueba con mis estudiantes uno por uno. Mi sensación previa de satisfacción con mis resultados como profesor se convertía cada vez más en tristeza y frustración.

¿Cómo estos estudiantes indiscutiblemente brillantes, capaces de resolver problemas complicados, fallan en estas preguntas ostentosamente fáciles?

Para comprender estos hechos aparentemente contradictorios, decidí poner a la par, en las siguientes evaluaciones, las preguntas cualitativas, 'simples', con los problemas cuantitativos más 'difíciles' sobre un mismo concepto. Para mi sorpresa alrededor del 40% de los estudiantes tuvo un mejor resultado en los problemas cuantitativos que en las preguntas conceptuales - en el tema de circuitos DC, una docena y media incluso

**Invertí muchas, muchas horas discutiendo los resultados de esta prueba con mis estudiantes uno por uno. Mi sensación previa de satisfacción con mis resultados como profesor se convertía cada vez más en tristeza y frustración. ¿Cómo estos estudiantes indiscutiblemente brillantes, capaces de resolver problemas complicados, fallan en estas preguntas ostentosamente fáciles?**

obtuvo la más alta calificación en un problema que involucraba un circuito de dos lazos, mientras obtuvieron cero en una pregunta simple, relacionada con el tema. Lentamente, el problema subyacente se reveló a sí mismo: muchos estudiantes se concentran en aprender las "recetas", o "las estrategias de aprendizaje" como son llamadas en los libros de texto, sin considerar los conceptos subyacentes. ¡Sorpresivamente! Muchas de las piezas del rompecabezas repentinamente cayeron en sus puestos. La petición constante de los estudiantes de resolver más y más problemas y cada vez menos tiempo de conferencia. – ¿no sería esto, lo que se esperaría de si los estudiantes son evaluados por sus habilidades de resolución de problemas? Los errores inexplicables, que había visto en los estudiantes aparentemente 'brillantes' - las estrategias de resolución de problemas funcionan en unos cuantos, pero seguro, no en todos los problemas. Las frustraciones de los estudiantes con la física – cuan aburrida debe ser la física si solo es reducida a un conjunto de recetas mecánicas que incluso no funcionan todo el tiempo! Y si, la tercera ley de Newton es natural para mí- es obviamente correcta, pero ¿Cómo convengo a mis estudiantes? Ciertamente no solo con enunciar la ley y luego usarla ciegamente en problemas... Después de todo, le tomo a la humanidad miles de años para formular la tercera ley.

Antes de que este problema haya sido obvio para mí, por las mediciones tradicionales –los problemas cuantitativos y la retroalimentación de los estudiantes– había sido engañado con la creencia de que estaba teniendo éxito en mis clases y que los estudiantes estaban teniendo éxito en aprender la física introductoria. Ahora la figura lucía bastante distinta.

Mientras que algunos físicos destacados habían escrito sobre la carencia de los estudiantes de comprensión fundamental, creo que muchos aún no están conscientes del problema- como yo lo estaba hace unos años.

Un problema importante con el método tradicional de enseñanza es que favorece a la resolución de problemas más que a la comprensión conceptual. Como resultado, muchos estudiantes memorizan 'las estrate-

gias de resolución de problemas'; por esto la física de los cursos introductorios se vuelve nada más que solución de problemas de memoria y poca adquisición de comprensión de los principios fundamentales. Esta práctica de memorizar algoritmos y ecuaciones sin comprender los conceptos detrás de las manipulaciones es intelectualmente poco provechoso y termina en un desempeño pobre y de frustración con el material. ¿Y qué provecho tiene enseñar la manipulación mecánica de las ecuaciones sin lograr entenderlas?

Otro problema yace en la presentación del material. Frecuentemente, proviene directamente de los libros de texto y/o de las notas de clase, dando a los estudiantes poco incentivo para asistir a clases. El hecho de que la presentación tradicional es casi siempre un monólogo en frente del público enteramente pasivo agrava el problema.

Solamente los expositores excepcionales son capaces de mantener la atención de los estudiantes durante toda la clase. Es aún más difícil proporcionar una adecuada oportunidad a los estudiantes para que pensar críticamente con los argumentos expuestos y en las clases introductorias pocos estudiantes tienen la motivación y la disciplina de hacerlo después de clases. Consecuentemente, las clases solo refuerzan el sentimiento de que el paso más importante para dominar el material es la solución de problemas. Uno termina en un círculo rápidamente creciente donde los estudiantes piden cada vez más problemas de ejemplo (de tal forma que aprendan mejor como resolverlos), lo cual a su vez refuerza su

sensación de que la clave del éxito es la solución de problemas.

En los últimos tres años exploré propuestas nuevas para enseñar física introductoria. En particular, estaba buscando medios de concentrar la atención de los estudiantes en los conceptos subyacentes sin sacrificar la habilidad de los estudiantes para resolver problemas. Durante este periodo de tiempo, desarrollé un método de enseñanza, llamado *Instrucción por Pares*<sup>5</sup>. Se ha vuelto claro que la *Instrucción por Pares* es muy efectiva en la enseñanza de los conceptos fundamentales en

**Un problema importante con el método tradicional de enseñanza es que favorece a la resolución de problemas más que a la comprensión conceptual. Como resultado, muchos estudiantes memorizan 'las estrategias de resolución de problemas'; por esto la física de los cursos introductorios se vuelve nada más que solución de problemas de memoria y poca adquisición de comprensión de los principios fundamentales.**



los cursos introductorios de física y conlleva a un mejor desempeño en los problemas tradicionales. Esto ha sido comprobado no solo en Harvard, sino también en un número de universidades, que van desde universidades estatales a academias militares. Lo más interesante que he encontrado es que hace que enseñar sea más fácil y más gratificante.

## REFERENCIAS

- 1 Sheila Tobias, *They're not Dumb, They're Different: Stalking the Second Tier* (Research Corporation, Tucson, AZ 1989).
- 2 H. Richard Crane, *Am. J. Phys.* 36, 1137 (1968).
- 3 Mis resultados en las evaluaciones del Comité de Harvard para Educación de Pregrado han estado, de manera consistente, entre los resultados más altos del Departamento de Física de Harvard.
- 4 Ibrahim Abou Halloun and David Hestenes, *Am. J. Phys.* 53, 1043 (1985); *ibid.* 53, 1056 (1985); *ibid.* 55, 455 (1987); Hestenes, David, *Am. J. Phys.* 55, 440 (1987).
- 5 Ver por ejemplo el capítulo 8 in *Revitalizing Undergraduate Science: Why Some Things Work and Most Don't* by Sheila Tobias (Research Corporation, Tucson, AZ, 1992).

