

## ANÁLISIS DE ERRORES CONCEPTUALES Y CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE MECÁNICA NEWTONIANA EN ALUMNOS DEL TRONCO GENERAL DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA UAM-IZTAPALAPA

**PICQUART, M. (1) y GUZMÁN LÓPEZ, O. (2)**

(1) Departamento de Física. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa [mp@xanum.uam.mx](mailto:mp@xanum.uam.mx)

(2) Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. [mp@xanum.uam.mx](mailto:mp@xanum.uam.mx)

---

### Resumen

Se presentan los resultados de una investigación realizada en alumnos del trimestre de otoño 2007 de la UEA de mecánica del primer trimestre del tronco general. Dos grupos recibieron una enseñanza centrada en los conceptos con participación activa de los alumnos, y los otros dos una enseñanza más tradicional. Se incorporó la búsqueda de las ideas previas usando el Force Concept Inventory (FCI) en su versión en castellano y la puesta en marcha de estrategias didácticas específicas. El FCI fue aplicado a principio y a final del trimestre en cada grupo. Se muestra, *i*) que la clase magistral no funciona, *ii*) que el uso de cualquier evolución técnica no cambia nada si el alumno no participa, *iii*) que la implicación de los alumnos es indispensable para un aprendizaje significativo. Se compararon los resultados obtenidos con algunas instituciones de Estados Unidos y Europa.

---

El concepto de fuerza se encuentra en las tres leyes de Newton y es fundamental en el estudio de la mecánica newtoniana. Desde el primer trabajo de L. Viennot (1996), muchas investigaciones han sido realizadas, enfatizando las dificultades encontradas por los estudiantes en todos los niveles de enseñanza, en cuanto a la asimilación de los conceptos básicos de mecánica. Una de las dificultades en esta asimilación se encuentra en el hecho de que los alumnos no nos llegan con la cabeza vacía. Vienen ya con ideas, que varios autores reagrupan bajo los términos de ideas previas, preconceptos, etc. Todos los estudios realizados en los últimos veinte años coinciden en señalar que los preconceptos erróneos son

difíciles de erradicar, en particular si no se desarrollan métodos didácticos específicos para esto.

### Objetivos

En este trabajo nos proponemos detectar las ideas previas de los alumnos de primer ingreso e implementar formas diferentes de impartir la clase. Hemos utilizado el Force Concept Inventory (FCI), elaborado por Hestenes (1992), en la versión revisada de Halloun (1995) y adaptada al castellano por Macia-Barber (1995). El FCI permite conocer el nivel de conocimientos de mecánica, evaluar la eficiencia didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje, determinar y clasificar los preconceptos de los alumnos (Huffman, 1995; Crouch, 2001; Henderson, 2002) y su evolución en el tiempo. Los bajos resultados al FCI encontrados en varias instituciones que usan métodos tradicionales (Hake, 1998) sugieren que el conocimiento de los alumnos después de un curso introductorio es frecuentemente incompleto, fragmentario, y contiene todavía errores significativos.

### Metodología

El grupo experimental fue constituido de dos grupos de alumnos del trimestre de otoño del año 2007 (81 alumnos a principio del trimestre) que recibieron clase más interactiva y centrada en el aprendizaje conceptual. El grupo control fue constituido de dos grupos del mismo trimestre (63 alumnos a principio del trimestre) que recibieron una clase más tradicional. El FCI fue aplicado en el primer día de clase y en la última semana de clase a todos los alumnos.

Los parámetros de evaluación utilizados fueron: la media de respuestas correctas, el índice de ganancia (Hake, 1998) entre las dos aplicaciones del FCI, la frecuencia relativa de un preconcepto con su índice de evolución y la tasa de abandono. Para el análisis detallado de los conceptos, se consideraron los resultados globales y los resultados de los alumnos que pasaron las dos pruebas del FCI.

El índice de ganancia se calcula como:  $g = (P2 - P1) / (30 - P1)$ , donde  $P1$  y  $P2$  son el promedio de respuestas correctas en la primera y segunda prueba, respectivamente. Este índice varía entre 0 y 1.

### Resultados

A final del trimestre quedaban 58 alumnos en el grupo experimental (81 al principio) y 41 en el grupo control (63 al principio), respectivamente, aunque la mayoría de los abandonos se presentó en las semanas 5 y 6 (de un total de 11). La tasa de abandono fue del 22.2 % en el grupo experimental y del 34.9 % en el grupo control. Una prueba c2 muestra que la diferencia es muy significativa ( $p$

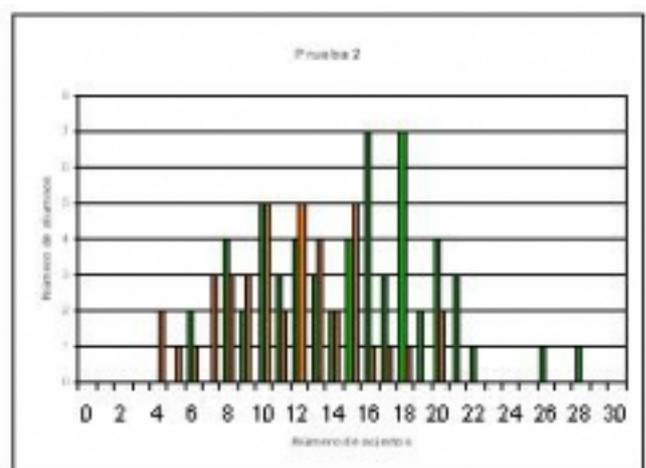
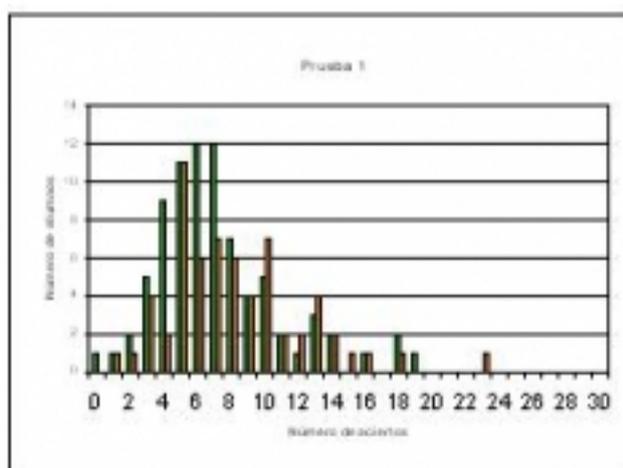


Figura 1. Resultados de las pruebas 1 y 2 en el grupo experimental (verde) y en el grupo control (naranja).

En la Fig.1 se comparan los resultados a las dos pruebas realizadas. Se puede observar que en la prueba 1, los histogramas coinciden, mientras en la prueba 2, el histograma del grupo experimental está desplazado hacia la derecha con respecto al grupo control. La Tabla I resume las características de los dos histogramas.

	Experimental		Control	
	Promedio	Desv. estándar	Promedio	Desv. estándar
Prueba 1	7.173	3.787	8.175	4.090
Prueba 2	14.931	4.801	11.439	3.982

Tabla I. Promedios de respuestas correctas en las dos pruebas para los dos grupos.

Mientras que no hay diferencia significativa en los resultados de la prueba 1, existe una diferencia significativa ( $p$

En la Fig. 2 se representa el índice de ganancia  $g$  en función del resultado a la primera prueba  $P1$  comparado con diferentes instituciones de los EUA en donde se separaron entre los alumnos que recibieron una clase tradicional (T) y los que recibieron una clase interactiva (IE). Se compara también con los resultados de algunas instituciones españolas con clases esencialmente tradicionales y con una escuela preparatoria finlandesa que prepara al bachillerato internacional con enseñanza interactiva.

Lo que podemos observar es que nuestros alumnos tienen el resultado más bajo en la primera prueba. Esto tiene que ver probablemente con las deficiencias de la educación en México, pero se observa que los alumnos del grupo control (clase tradicional), progresaron muchos menos que los alumnos del grupo experimental (clase más interactiva). Además, progresaron más con respecto a los alumnos de las instituciones de EUA que recibieron una clase tradicional y con respecto a los alumnos de las instituciones españolas. No obstante, el grupo experimental progresa mucho menos que los alumnos estadounidenses o finlandeses que recibieron una clase interactiva y no llega a los 60 % de aprendizaje conceptual.

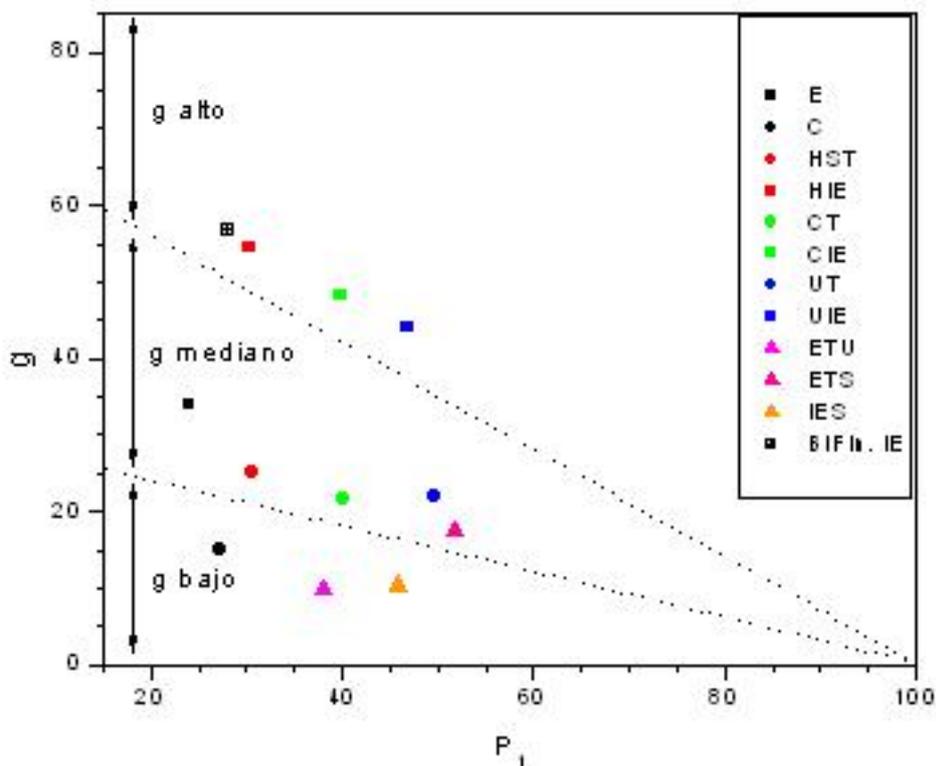


Figura 2. Índice de ganancia  $g$  en función del resultado en la primera prueba  $P_1$ , para los dos grupos de la UAM-I (E: Experimental, C: Control) y para diferentes centros de estudios de EUA (HS: High-Schools, C: Colleges, U: Universities, con enseñanza tradicional (T) o interactiva (IE)), España (ETU: Escuela Técnica Universitaria, ETS: Escuela Técnica Superior, IES: Institutos de Enseñanza Secundaria) y Finlandia (BI: Bachillerato Internacional).

En los dos grupos, dos preguntas tuvieron resultados muy bajos. La primera tiene que ver con la suma de velocidades como cantidades vectoriales. Para la mayoría de los alumnos, las velocidades se suman aritméticamente o la velocidad resultante de un objeto después de un golpe no depende de la velocidad que tenía el objeto antes del golpe.

La segunda pregunta tiene que ver con el efecto de una fuerza sobre un objeto. La mayoría de las respuestas están relacionadas con una idea aristotélica muy frecuente en los alumnos: a fuerza doble, velocidad doble. Una vez más, esta respuesta de sentido común pero físicamente incorrecta nos muestra que las preconcepciones resisten a la enseñanza.

#### Conclusiones

Hemos observado que un proceso de enseñanza más interactivo permite obtener mejores resultados al FCI. Sin embargo, no es suficiente para que el aprendizaje sea considerado como eficiente y durable. Varios conceptos no son suficientemente bien adquiridos. Frecuentemente, los alumnos no saben aplicar lo aparentemente aprendido a nuevas situaciones. Una razón para esto, en nuestra institución, además de lo

mencionado anteriormente, puede ser la falta de laboratorio o del uso de simulaciones para asentar la comprensión conceptual y que el aprendizaje sea más eficiente. Hake (2007) señaló que de cualquier manera, el uso de técnicas basadas en computadoras no era en sí la panacea, si no promovía el “compromiso interactivo” (IE). Mazur (2009) menciona que una vez escuchó un comentario que decía que “la clase magistral era un proceso en el cual las notas de curso del profesor se transferían a los cuadernos de los alumnos sin pasar por el cerebro de ninguno de los dos”.

## Bibliografía

Crouch, H. y Mazur, E. (2001). *Peer instruction: ten years of experience and results*. *Am. J. Phys.* 69, 970.

Hake, R.R. (2007). *Six lessons from the physics education reform effort*. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 1, 24.

Hake, R.R. (1998). *Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. *Am. J. Phys.* 66, 64.

Halloun, I., Hake, R., Mosca, E. y Hestenes, D. (1995) *Force Concept Inventory (revised 1995)*. Password protected at <http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>. Accessed on 15/03/2008.

Henderson, C. (2002). *Common concern about the Force Concept Inventory*. *Phys. Teacher* 40, 542.

Hestenes, D., Wells, M. y Swakhamer, G. (1992). *Force Concept Inventory*. *Phys. Teacher* 30, 141.

Huffman, D. y Heller, P. (1995). *What does the Force Concept Inventory actually measure?* *Phys. Teacher* 33, 138.

Macia-Barber, E., Hernández, M.V. y Menéndez, J. (1995). *Cuestionario sobre el concepto de fuerza*. Password protected at <http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>. Accessed on 15/03/2008.

Mazur, E. (2009). *Farewell, Lecture?* *Science* 323, 50.

Viennot, L. (1996). *Raisonnement en Physique. La part du sens commun*. Bruselas: De Boeck.

## CITACIÓN

PICQUART, M. y GUZMÁN, O. (2009). Análisis de errores conceptuales y concepciones alternativas de mecánica newtoniana en alumnos del tronco general de ciencias básicas de la uam-iztapalapa. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 940-944 <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-940-944.pdf>