

**LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO:
UNA EXPERIENCIA DENTRO DEL MODELO DE COMPETENCIAS
INTEGRADAS DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

MARÍA ELENA RODRÍGUEZ PÉREZ, ANTONIO LARA-BARRAGÁN GÓMEZ,

GUILLERMO CERPA CORTÉS

Dentro de los planes de desarrollo del Departamento de Física del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara, se ha contemplado reformar tanto los programas de las asignaturas que le corresponden, como la práctica docente de sus profesores. El electromagnetismo clásico es una materia difícil para los estudiantes universitarios debido, entre otras razones, a que (1) los fenómenos físicos electromagnéticos no son tan cotidianos al estudiante como lo son los fenómenos mecánicos, por ejemplo (Maloney, O’Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen, 2001) y (2) exige que el estudiante comprenda el magnetismo por analogía con electricidad (Belcher, Cesky y Huertas, 2005). Por ello, en la asignatura de electromagnetismo se ha comenzado un proceso de reforma en todo lo que ésta implica: programa, recursos didácticos, evaluación y práctica docente. El proceso dio inicio formal en 2003 siguiendo un esquema educativo basado en competencias integradas (Westera, 2001, Melton, 1994), el cual se contempla como la tendencia en la Universidad de Guadalajara, tanto como a nivel internacional.

La enseñanza de la física debe reflejar una concepción de ciencia como construcción social (Carvajal y Gómez, 2002). Es decir, las leyes de la física no pueden enseñarse desligadas de la realidad que pretenden explicar (Gil y de Guzmán, 1993; Weissmann, 1993). Así, la enseñanza de la física tiene como finalidad la formación de ciudadanos

científicos capaces de utilizar las leyes físicas para problematizar, comprender e intervenir en el mundo que nos rodea concibiéndose como seres sociales activos y comprometidos con los valores universitarios de tolerancia, patriotismo, solidaridad, equidad, justicia y libertad (Macedo, 1999).

Para ello, pueden aprovecharse los siguientes recursos didácticos:

1. **El experimento de clase ya planeado**, en donde se manipule la realidad para favorecer la comprensión de los conceptos y leyes físicas (Gil y de Guzmán, 1993; Islas y Pesa, 2003). Por ejemplo, Pelesco, Cesky y Huertas (2005) ofrecen un experimento de clase que facilita la comprensión de la Ley de Lenz mediante análisis dimensional.
2. **La experimentación no planeada**, para probar las hipótesis de los estudiantes (Islas y Pesa, 2003; Reigosa y Jiménez, 2000).
3. Lecturas previas y **elaboración de mapas conceptuales** para que los alumnos lleguen a clase con significados que negociar (Ontoria, Molina y de Luque, 1996)
4. Uso de **Internet** en clase para promover habilidades para el análisis crítico de la información (Vizcarro y León, 1998).
5. **Simulaciones por computadora** en donde los alumnos se vinculen de manera artificial con los fenómenos físicos idealizados (Rosales, 1991).
6. **Diálogo socrático** como medio privilegiado de exposición en clase (Strong, 1996).
7. Un **modelo explícito de solución de problemas** donde las habilidades matemáticas se conjuguen con los conceptos y leyes de la física para superar la estrategia típica de datos-fórmula-resultado (Nickerson, Perkins y Smith, 1987).
8. El **trabajo colaborativo** para promover el respeto a las ideas de los demás y fomentar una noción de aprendizaje como interacción social (Vygotski, 1978).

Al modelo de enseñanza que combina varios de estos recursos didácticos para proponer o simular escenarios reales de nuestro entorno lo hemos denominado “*enseñanza de la física por competencia académica*”.

Metodología

Se consideraron seis grupos de electromagnetismo, tres grupos experimentales y tres grupos controles (ver tabla 1). En un *grupo control*, se utilizó una programación didáctica centrada en contenidos temáticos (programa tradicional) y se dio poco énfasis al uso de los recursos didácticos relacionados con el modelo de enseñanza por competencia académica. En un *grupo experimental*, se utilizó una programación didáctica centrada en el desarrollo de habilidades y valores (programa por competencia) y se dio mucho énfasis a los recursos didácticos ya mencionados. Es decir, se rediseñó el programa del curso de tal forma que el temario siguió una secuencia temática completamente fuera de los cursos convencionales. La idea de la nueva programación surgió de dos fuentes: la primera, el hecho de que la física es una red conceptual integral, esto es, no puede ni debe considerarse como una sucesión de temas con poca o ninguna relación entre ellos, y la segunda es el uso de la analogía para la construcción de los conceptos. Puede notarse que ambas fuentes responden al esquema de desarrollo de habilidades.

Hay que aclarar, sin embargo, que los programas de los grupos experimentales y controles fueron equivalentes con respecto a los temas tratados. La diferencia estriba en que, en una metodología por competencia, los contenidos sirven de contexto para desarrollar las habilidades deseadas. Dado que los grupos experimentales y controles se eligieron de acuerdo a la disposición del profesor, la presente investigación es del tipo *quasi-experimental*.

(Insertar tabla 1)

El impacto del modelo de competencia en el aprendizaje se evaluó por medio de la aplicación de una prueba de conocimiento conceptual de electricidad y magnetismo al inicio y final del curso. Este instrumento fue desarrollado y validado por Maloney, O'Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen (2001). Los resultados de estas pruebas no se tomaron en cuenta en las calificaciones del curso. Por ello, las pruebas se contestaron de manera anónima.

Resultados

Los resultados se han organizado de dos maneras diferentes. En una se toman en cuenta los aciertos totales de los estudiantes durante la prueba y en otra se analizan el porcentaje de estudiantes que contestaron correctamente a cada reactivo de la prueba.

La figura 1 muestra el porcentaje de alumnos que acertaron en cada una de las preguntas de la prueba de conocimiento conceptual de electricidad y magnetismo. En el eje horizontal está el dato para la preprueba y en eje horizontal se ha graficado el porcentaje de estudiantes que acertaron en dicho reactivo durante la posprueba. Se incluyen las líneas de tendencia para cada grupo, control y experimental. Como se puede observar de las inclinaciones de dichas líneas, hubo una ligera mejoría en el desempeño de los estudiantes de los grupos experimentales en comparación con los del grupo control. Dado que la prueba conceptual evalúa de manera equilibrada tanto la comprensión de las ideas del electromagnetismo como ciertas habilidades numéricas asociadas a ella (Maloney, O'Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen, 2001), esta mejoría sugiere que el rediseño del programa de la asignatura sí promueve el establecimiento de analogías entre electricidad y magnetismo.

(Insertar figura 1)

Los datos también fueron organizados considerando el porcentaje de aciertos de cada estudiante en la prueba conceptual. Los promedios y desviaciones estándar se muestran en la figura 2. Para el grupo control, el promedio prácticamente no incrementó mientras que el grupo experimental aumentó de 20% de aciertos a 32%. Se realizaron pruebas t-student para determinar si estas diferencias entre los grupos son significativas. Al comparar los aciertos en la preprueba de ambos grupos, no se encontraron diferencias lo cual sugiere que el conocimiento inicial de los alumnos fue similar. Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas para el desempeño durante la postprueba ($t=5.0$, $p<0.001$) lo que sugiere un mejor dominio conceptual por parte de los alumnos bajo el modelo de competencia académica. También se encontraron diferencias significativas entre los resultados de la preprueba y postprueba para los alumnos bajo el modelo de competencia ($t=-7.1$, $p<0.01$) lo cual no ocurrió para los estudiantes de los grupos controles.

Conclusiones

Los resultados sugieren un mejor dominio conceptual de la electricidad y el magnetismo para los estudiantes que se sometieron a una enseñanza por competencia académica. Esto parece sugerir que la secuencia temática en donde se promueven analogías inmediatas entre electricidad y magnetismo puede ser una buena estrategia didáctica en la enseñanza del electromagnetismo. Así, por ejemplo, es razonable suponer que es más ventajoso estudiar la Ley de Ampere señalando de manera explícita su analogía con la Ley de Gauss para electricidad que estudiarlas como leyes desconectadas entre sí.

Sin embargo, hay que notar que los porcentajes de aciertos en promedio en ambos grupos son muy bajos si los comparamos con los que reportan Maloney, O'Kuma,

Hieggelke y Van Heuvelen (2001) después de aplicar la prueba conceptual de manera sistemática en diversas poblaciones de universidades norteamericanas. Según estos autores, un curso basado en álgebra promueve incrementos de 25% a 44% de aciertos, un curso basado en cálculo genera incrementos de 31 a 47%, los estudiantes sobresalientes en cálculo mejoran de 41 a 69% de respuestas correctas mientras que los estudiantes de posgrado y los profesores logran un desempeño en la prueba de 70% de aciertos.

Al analizar los reactivos que no contestaron más del 20% de los estudiantes tanto en la preprueba como en la postprueba, encontramos que los alumnos tuvieron dificultades para contestar correctamente a temas relacionados con fuerza magnética causada por campo eléctrico, potencial eléctrico, campo eléctrico inducido, fuerza magnética, campo magnético generado por corrientes eléctricas, la ley de Faraday, la superposición de campos magnéticos y la tercera Ley de Newton. Es decir, los reactivos en donde se encuentran dificultades son aquellos que tienen que ver con el establecimiento de relaciones entre conceptos o principios. Así, por ejemplo, parece que los estudiantes no conciben que la fuerza eléctrica y magnética son análogas en el comportamiento de la interacción entre cargas eléctricas o alambres que llevan corrientes, respectivamente. Tampoco entienden las diferencias fenomenológicas entre campos eléctricos generados por cargas eléctricas en reposo de aquel generado por la variación temporal del flujo magnético. Estas dificultades conceptuales se presentan de igual manera en los grupos experimentales y controles.

Referencias

Belcher, J. W. y Olbert, S. (2003). "Field line motion in classical electromagnetism", *American Journal of Physics*, 71 (3), 220-228.

- Carvajal, E. y Gómez, M. R. (2002). "Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias", *Revista mexicana de Investigación Educativa*, 7 (16), 577-602.
- Gil, D. y de Guzmán, M. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática: Tendencias e Innovaciones*, OEI: Editorial Popular.
- Islas, S y Pesa, M. (2003). "¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?", *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 57-66.
- Macedo, B. (1997). "La educación científica, un aprendizaje accesible a todos". *Boletín del Proyecto Principal de Educación*, UNESCO, No. 44, 5-7.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J. y Van Heuvelen, A. V. (2001). "Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism", *Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement*, 69 (7), S12-S23.
- Melton, R. F., (1994). "Competences in perspective", *Educational Research*, 36 (3), 285-292.
- Nickerson, R., Perkins, D. y Smith, E. (1987). *Enseñar a pensar: aspectos de la aptitud intelectual*. España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Ontoria, A., Molina, A. y de Luque, A. (1996). *Los mapas conceptuales en el aula*. Argentina: Magisterio del Río de la Plata Editorial.
- Pelesco, J. A., Cesky, M. y Huertas, S. (2005). "Lenz's law and dimensional analysis", *American Journal of Physics*, 73 (1), 220-228.
- Reigosa, C. E. y Jiménez, M. P. (2000). "La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio", *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.

- Rosales López, C. (1991). *Manifestaciones de innovación didáctica*. España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Strong (1996). *Diálogos socráticos en la sala de clases. El hábito de pensar*. Cuatro Vientos Editorial.
- Vizcarro C. y León, J. A. (1998). *Nuevas tecnologías para el aprendizaje*. España: Ediciones Pirámide.
- Vygotski, L. S. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. (Trad. al cast. 1979) España: Crítica.
- Weissmann, H. (comp.) (1993). *Didácticas de las ciencias naturales: Aporte y reflexiones*. México: Paidós Educador.
- Westera, W., (2001) “Competences in education: a confusion of tongues”, *Journal of Curriculum Studies*, 33 (1), 75-80.

Pies de tablas y figuras.

Tabla 1. Diseño experimental.

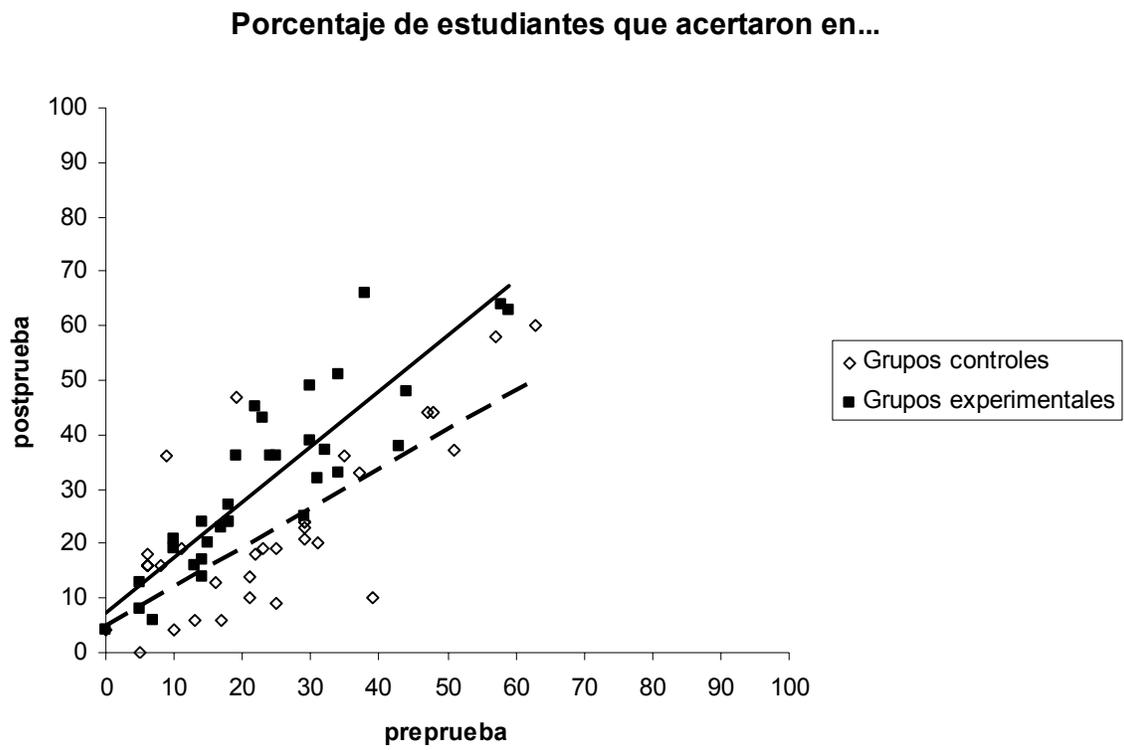
Figura 1. Resultados organizados para cada reactivo de la prueba.

Figura 2. Resultados organizados por calificaciones de estudiantes.

(tabla 1)

Grupos	Condiciones experimentales		
Experimentales	Preprueba	Programa por competencia y énfasis en el uso de recursos didácticos innovadores	Postprueba
Controles	Preprueba	Programa tradicional y poco énfasis en el uso de recursos didácticos innovadores	Postprueba

(Figura 1)



(Figura 2)

