



El papel de la actividad experimental en la enseñanza y aprendizaje del electromagnetismo en la educación superior

The Role of Experimental Activity in Teaching and Learning on Electromagnetism in University Education

O papel da atividade experimental em ensino e aprendizagem na educação superior eletromagnetismo

Beatriz Elena Osorio Vélez¹

Luz Stella Mejía Aristizabal²

Jaime Alberto Osorio Velez³

Gloria Eugenia Campillo⁴

Rodrigo Covaleda Figueroa⁵

Fecha de recepción: diciembre 2014

Fecha de aceptación: junio 2015

Para citar este artículo: Osorio, B., Mejía, L., Osorio, J., Campillo, G. y Covaleda, R. (2015). El papel de la actividad experimental en la enseñanza y aprendizaje del electromagnetismo en la educación superior, *Revista Científica*, 22, 85-96. **Doi:** [10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a7](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a7)

Resumen

En este artículo, se presentan los resultados del proyecto de investigación: "El papel de la actividad experimental en la enseñanza del electromagnetismo en la educación superior". Su objetivo fue diseñar una propuesta de enseñanza sobre electromagnetismo con base en actividad experimental que contribuyera al proceso enseñanza y aprendizaje a nivel universitario.

Se trabajó con un grupo de estudiantes de ingeniería de dos instituciones de educación superior: la Institución Universitaria Pascual Bravo y la Universidad de Antioquia. Los participantes respondieron un cuestionario de cuatro preguntas sobre electromagnetismo. Éstas surgieron de investigaciones previas sobre el mismo tema que se habían aplicado

a estudiantes que solo habían tomado el curso teórico. Sus resultados evidenciaron dificultades para explicar fenómenos relacionados con el electromagnetismo. Por su parte, el grupo que hizo trabajo experimental mostró una mejor comprensión del fenómeno al estructurar y organizar sus explicaciones.

Palabras Clave: Aprendizaje del electromagnetismo, Enseñanza de la física, Papel de la actividad experimental.

Abstract

This paper presents the results of the research: "The Role of Experimental Activity in Teaching and Learning about Electromagnetics in University Education." The aim was to design a teaching proposal on electromagnetism –based on experimental activity–

¹ Institución Universitaria Pascual Bravo. Medellín, Colombia. Contacto: beatriz.osorio@pascualbravo.edu.co

² Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Contacto: josorio@fisica.udea.edu.co

³ Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Contacto: luzes1stel@gmail.com

⁴ Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. Contacto: gloria.campillo@gmail.com

⁵ Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Contacto: rocovaleda@gmail.com

that could contribute to teaching and learning process at university level.

We worked with a group of engineering students from two institutions of higher education: Pascual Bravo University and the University of Antioquia. The participants answered a questionnaire that consisted of a set of four questions on electromagnetism. The questions emerged from previous research on the same topic. They were conducted in students who had just completed the theoretical course. Their results showed difficulty when explaining phenomena related to electromagnetism. On the other hand, the group of students who performed the experimental work showed a better understanding of the phenomenon, managing to structure and organize their explanations.

Keywords: Learning Electromagnetism, Physics Education, Role of Experimental Activity.

Resumo

Neste artigo apresentam-se os resultados do projeto de pesquisa: “O papel da atividade experimental no ensino e aprendizagem do eletromagnetismo na educação superior”. O seu objetivo foi planejar uma proposta de ensino do eletromagnetismo, baseada na experimentação que contribuisse com o processo de ensino e aprendizagem no nível universitário.

Para atingir este objetivo trabalhou-se com um grupo de estudantes de engenharia de duas instituições de Educação Superior: Instituição universitária Pascual Bravo e Universidade de Antioquia. Os estudantes que fizeram parte da proposta, responderam um questionário de quatro perguntas sobre eletromagnetismo. A escolha das perguntas foi feita de acordo com pesquisas prévias do mesmo tema, as quais primeiramente se realizaram para estudantes que somente tinham estudado um curso teórico. Os resultados antigos evidenciaram dificuldades para explicar fenômenos relacionados com o eletromagnetismo, enquanto o grupo de estudantes que desenvolveu o trabalho experimental, mostrou uma melhor compreensão do fenômeno, conseguindo estruturar e organizar suas explicações.

Palavras-chave: Aprendizagem do eletromagnetismo, ensino da física, o papel da atividade experimental.

Introducción

En este artículo, se presentan los resultados de la aplicación de una propuesta de enseñanza sobre el electromagnetismo a fin de reivindicar el papel de la actividad experimental como estrategia que permite mejorar la comprensión de los fenómenos físicos.

Las instituciones de educación superior hacen grandes esfuerzos por promover una educación de calidad y lograr un perfil de formación óptimo para sus estudiantes. Sin embargo, se ha evidenciado en las carreras que tienen relación con las ciencias, específicamente con la física, un alto índice de reprobación de materias y deserción. Por tanto, esta propuesta puede considerarse como un aporte ante esta problemática.

Las entidades de educación superior en Colombia enfatizan cada vez más en la importancia de mejorar sus procesos académicos, aunque hay muy pocos avances al respecto, si se analizan los resultados. Por esta razón, surgió la iniciativa de realizar una investigación orientada a diseñar una propuesta que reivindicara el papel de la experimentación como una alternativa para mejorar la enseñanza y aprendizaje del electromagnetismo en la educación superior.

Para empezar, se presentan brevemente algunos referentes teóricos sobre la importancia de la actividad experimental para la enseñanza de la física. Después, se expone la propuesta de enseñanza desarrollada con uno de los grupos de estudiantes y finalmente, se explica el diseño metodológico, los hallazgos y algunas consideraciones finales.

A propósito de la enseñanza del electromagnetismo que privilegia la actividad experimental

En el ámbito de la enseñanza de las ciencias en educación superior, en ocasiones, el profesor está más interesado en transmitir la lógica de la disciplina –y la disciplina en sí– que en ofrecer estrategias para que los estudiantes elaboren explicaciones científicas. Un buen número de los

procesos de enseñanza no contribuye a la comprensión de los conceptos científicos. En parte, se debe a las ideas previas de los alumnos que están fuertemente arraigadas, permanecen inmodificables y se perpetúan en el tiempo, a pesar de la instrucción que reciben.

Por tanto, la experimentación se presenta como una posibilidad para aproximar a los estudiantes a la comprensión de conceptos relacionados con el electromagnetismo. No obstante, investigaciones sobre el papel de la actividad experimental en la enseñanza de la física coinciden en la importancia de hacer un abordaje distinto al que nos tiene acostumbrado el método tradicional.

Hodson (1994) y Gil, Furió y Valdés (1994) hablan sobre el abierto rechazo de parte de los estudiantes a las guías que se utilizan en la enseñanza tradicional, así que resaltan la necesidad de promover la reflexión y la participación de todos. Gil y Valdés (1995) concluyen que las prácticas de laboratorio carecen de sentido e interés y deben reorientarse al hacer una revisión de sus enfoques metodológicos y epistemológicos, pues son producto de visiones reduccionistas de la actividad científica. Estos autores le dan especial importancia a establecer una relación estrecha entre las clases teóricas y las prácticas, entre contenidos conceptuales y procedimientos en la enseñanza de la física.

Duit y Confry (1996) concuerdan en la necesidad de desarrollar materiales didácticos, modelos experimentales y otro tipo de estrategias de enseñanza que mejoren la comprensión y la explicación de los fenómenos científicos por parte de los estudiantes. Pensando en lo anterior, se diseñó una estrategia para la enseñanza del electromagnetismo en la que se reivindica el papel de la actividad experimental.

Propuesta de enseñanza del electromagnetismo

Inicialmente, se plantea una situación problema a la que el estudiante debe buscarle una solución. El profesor realiza preguntas para activar las ideas, despertar el interés y orientar la búsqueda de posibles explicaciones. De esta manera, involucra a los

alumnos en la formulación de hipótesis que expliquen el objeto de estudio. Después, los organiza en mesas de trabajo y les da el material necesario para la sesión. Da algunas indicaciones iniciales y permite que cada grupo piense en la mejor alternativa para responder.

Como se puede notar, el profesor es un guía que orienta el trabajo mediante preguntas, ofrece una gama de posibilidades y motiva a los estudiantes para que se documenten mediante distintas fuentes bibliográficas (impresas y digitales) a fin de que sean ellos quienes tome decisiones sobre el posible diseño del montaje experimental, lo construyan y analicen. Al final, deben presentar un informe a manera de artículo de investigación.

Secuencia didáctica

A continuación, se presenta la secuencia de actividades que se desarrolló con los estudiantes en el laboratorio:

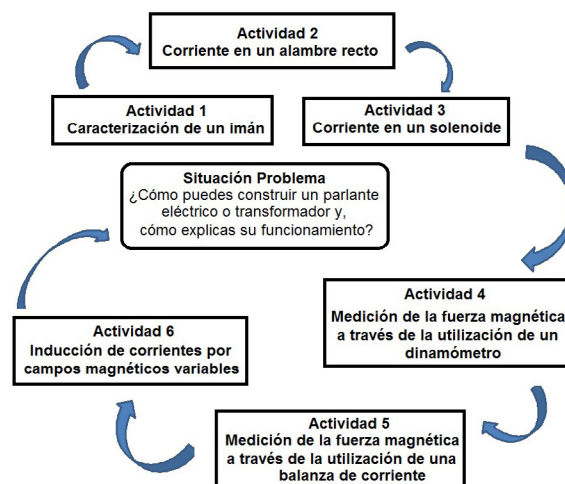


Figura 1. Secuencia de actividades experimentales

Fuente: Los autores.

Durante el semestre, cada pareja de estudiantes hizo cuatro prácticas (los profesores propusieron tres) a partir de un banco que crece con el tiempo, está programado para variar continuamente durante

el año. La última práctica de laboratorio la diseñaron los alumnos, fue de tipo libre. Se hizo al final del semestre para que utilizaran las herramientas que aprendieron a manejar a lo largo del curso.

Las actividades experimentales se propusieron a partir de preguntas o situaciones problema. A comienzo de semestre, se asignó un cronograma de actividades que incluía las prácticas por diseñar, las fechas de entrega y los materiales básicos. Tu vieron varias sesiones (una práctica por mes, tres horas por semana, aproximadamente doce horas por práctica) para hacer el montaje experimental y responder la pregunta inicial. Cada grupo de trabajo llevó un registro diario de los avances en un cuaderno de protocolo.

Antes de iniciar cada práctica, se planteaban varias preguntas: ¿Cuál es el sistema en estudio? ¿Cuáles son sus partes constitutivas? ¿Cómo interactúan las partes? ¿Cuál es el contexto? ¿Qué aproximaciones teóricas se tienen en cuenta para definir el contexto? ¿Qué se necesita para responder la pregunta inicial que lleva al diseño del montaje experimental? Al final, cada grupo de trabajo debía presentar un informe tipo artículo científico.

En la fase inicial, el profesor hizo una evaluación individual de tipo oral (heteroevaluación) sobre los diseños de los montajes propuestos por los estudiantes para saber si contribuían a la resolución del problema asignado. También, se hizo una evaluación entre pares (coevaluación) sobre los informes de los otros grupos. Este proceso contribuyó de forma significativa al diseño y explicación de un canon de corrección que permitió el ajuste de criterios entre estudiantes y profesores.

Vale la pena detenerse un poco en los criterios de coevaluación. En esta actividad, a cada alumno se le entregó un artículo de otro grupo de trabajo y el formato de evaluación con los valores de ponderación. Cada uno evaluó los textos de sus compañeros; el profesor evaluó todos los trabajos. Después, se compararon las dos notas (cabe resaltar que la nota de coevaluación era solo para el evaluador, no para quien presentó el informe.) Ésta se determina por la siguiente ecuación:

$$Nota = 5 - \left(\frac{|N_{co-evaluacion} - N_{profesor}|}{\alpha} \right)^2$$

El valor de α puede variar desde 1,0 para los primeros informes hasta 0,8 en los últimos informes, lo cual genera más rigurosidad.

Diseño metodológico de la investigación

La presente investigación es de corte descriptivo. Se seleccionaron ciento sesenta y ocho (168) estudiantes de ingeniería de dos instituciones de educación superior de la ciudad de Medellín: Universidad de Antioquia y la Institución Universitaria Pascual Bravo. El grupo estaba compuesto por treinta y nueve (39) estudiantes que solo tomaron el componente teórico del curso y ciento veintinueve (129) a quienes se les aplicó la propuesta de enseñanza que privilegió la actividad experimental durante todas las sesiones.

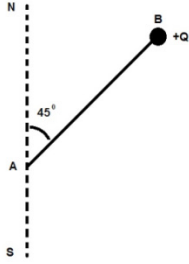
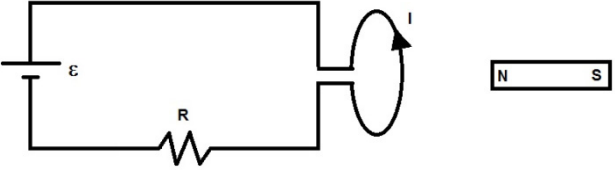
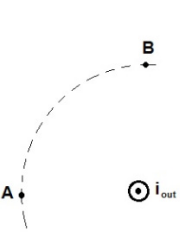
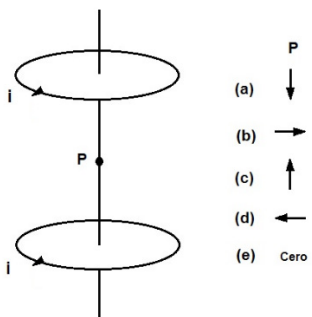
Las preguntas que se realizaron para evaluar la conceptualización del campo electromagnético durante este proceso se presentan en la Tabla 1. Éstas indagaban sobre

la interacción entre una partícula cargada en reposo y un campo magnético (Figura 2a), las fuentes del campo magnético y su interacción (Figura 2b), las líneas de campo magnético que genera una corriente por un conductor recto (Figura 2c) y las líneas de campo magnético que genera una corriente eléctrica en una espira conductora (Figura 2d).

Para dar cuenta de los resultados, se utilizaron tablas y datos estadísticos, acompañados del análisis descriptivo de los mismos. Las respuestas se analizaron por separado en los dos grupos de estudiantes. De igual manera, se hizo un análisis categorial para interpretar la información de las explicaciones que daban a las preguntas del cuestionario.

Los hallazgos se compararon con los resultados del proyecto que se realizó en 2012 con ciento noventa y tres (193) estudiantes a quienes se les aplicó el mismo cuestionario de cuatro preguntas.

Tabla 1. Cuestionario aplicado a los estudiantes de los diferentes cursos.

<p>1. La línea de trazos de la figura representa la dirección del campo magnético terrestre. En el punto A hay una brújula y en el punto B se encuentra una partícula cargada con una carga Q positiva.</p> <p>Dibuje sobre A una flecha que represente la orientación de la aguja de la brújula.</p> <p>Explique las razones de su respuesta.</p>  <p>Figura 2a: (Guisasola, Almudí, & Zubimendi, 2003).</p>	<p>2. Tenemos una espira fija en un circuito de corriente continua y enfrente de un imán, como se indica en la figura. ¿Qué sucederá? Explique las razones de su respuesta.</p>  <p>Figura 2b: (Almudí, 2002)</p>																														
<p>3. El diagrama muestra un hilo largo recorrido por una intensidad de corriente i_{out} que sale hacia afuera del papel. ¿Cuál será la dirección del campo magnético en las posiciones A y B? Elija una de las respuestas que se dan. Explique las razones de su respuesta.</p>  <table border="0" data-bbox="519 1428 730 1701"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> <tr> <td>(a)</td> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">←</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td>(c)</td> <td style="text-align: center;">↑</td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>(d)</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>(e)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Ninguna de las anteriores</td> </tr> </table> <p>Figura 2c: (Maloney, O'Kuma, Hieggelke, & Heuvelen, 2001)</p>		A	B	(a)	↓	←	(b)	→	↓	(c)	↑	→	(d)	←	↑	(e)	Ninguna de las anteriores		<p>4. Tenemos dos espiras de corriente idénticas recorridas por una intensidad de corriente i. Las espiras están ubicadas como se muestra en el diagrama adjunto. ¿Qué flecha representa la dirección del campo magnético en el punto P, punto medio entre las dos espiras? Explique las razones de su respuesta.</p>  <table border="0" data-bbox="1136 1428 1218 1701"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">P</td> </tr> <tr> <td>(a)</td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>(c)</td> <td style="text-align: center;">↑</td> </tr> <tr> <td>(d)</td> <td style="text-align: center;">←</td> </tr> <tr> <td>(e)</td> <td style="text-align: center;">Cero</td> </tr> </table> <p>Figura 2d: (Maloney, O'Kuma, Hieggelke, & Heuvelen, 2001)</p>		P	(a)	↓	(b)	→	(c)	↑	(d)	←	(e)	Cero
	A	B																													
(a)	↓	←																													
(b)	→	↓																													
(c)	↑	→																													
(d)	←	↑																													
(e)	Ninguna de las anteriores																														
	P																														
(a)	↓																														
(b)	→																														
(c)	↑																														
(d)	←																														
(e)	Cero																														

Resultados

A continuación, se presentan los resultados del proyecto en su Fase I, indagación sobre las dificultades de los estudiantes acerca de conceptos relacionados con el electromagnetismo (antes y después de cursar la materia).

En la Fase II, se muestran los resultados del análisis de las respuestas mediante tablas con los datos de cada una de las preguntas del cuestionario. Los resultados se muestran por separado: primero, se presenta la información del grupo que solo recibió instrucción teórica (39 estudiantes) y después, la que corresponde al grupo de laboratorio (129 estudiantes).

Finalmente, se condensa la información en una última tabla que recoge los datos de los estudiantes que respondieron el cuestionario en los años 2012 y 2014.

Análisis de los resultados obtenidos en el año 2012

Algunos de estos estudiantes estaban cursando la asignatura Electricidad y magnetismo (denominado Física II) y otros ya la habían aprobado, así que estaban en el curso siguiente (Física III). En la fase I del proyecto, los resultados de las preguntas del cuestionario se organizaron en la siguiente tabla, en la que se puede

apreciar el número de repuestas correctas de los estudiantes:

Se puede apreciar que solo un estudiante (0,5 %) respondió acertadamente las cuatro preguntas; el 10,4 % respondió bien tres o cuatro preguntas; el 89,1 % respondió solo la mitad o menos de las preguntas de forma correcta; el 16,6 % de los estudiantes no acertó en ninguna pregunta; y más del 72 % acertó solo en una o dos preguntas.

Al revisar los porcentajes generales, no se ve una diferencia entre los estudiantes que están tomando el curso de los que ya lo finalizaron, pues los valores son bastante cercanos. Esto permite concluir que sin importar el curso en el que estén, sus explicaciones siguen siendo producto de sus ideas previas, no de corte científico.

Análisis comparativo de estudiantes de ingeniería que realizaron el curso teórico con los que realizaron el trabajo experimental en el año 2014

Análisis de resultados del curso teórico

A continuación, se presentan los resultados de cada pregunta del cuestionario que se aplicó a 39 estudiantes que solo cursaron la clase teórica. Se puede apreciar el número de participantes que respondieron la pregunta según los indicadores previamente definidos:

Tabla 2. Respuestas al cuestionario de indagación de ideas sobre electromagnetismo

Respuestas	Física II (Estudiantes del curso de Electromagnetismo)		Física III (Estudiantes que ya cursaron Electromagnetismo)		Total	
	Estudiante	%	Estudiante	%	Estudiante	%
Correctas						
4	1	0,7	0	0,0	1	0,5
3	13	9,4	7	12,7	20	10,4
2	49	35,5	21	38,2	70	36,3
1	52	37,7	18	32,7	70	36,3
0	23	16,7	9	16,4	32	16,6
	138	100,0	55	100,0	193	100,0

En la primera pregunta, se observó que 14 estudiantes señalaron la dirección correcta que toma la brújula, pero solo cuatro estudiantes dieron una explicación clara sobre la interacción del campo magnético terrestre con la brújula: como la carga está en reposo, solo genera campo eléctrico. En las respuestas a la pregunta 2, encontramos un 12,8 % que pensó en la inducción electromotriz por variación del campo magnético en la espira y un 30,8 % que no respondió. Las respuestas a las preguntas 3 y 4 se dieron con base en la regla de la mano derecha, incluyendo una suma vectorial adicional en la pregunta

4. Sin embargo, el concepto fundamental es el mismo. Para un alambre recto, el 56,4 % aplicó bien la regla; para las dos espiras, encontramos que solo un 12,8 % realizó bien el proceso. Un 43,6 % hizo mal la suma vectorial y por tanto, se les anuló el campo magnético en el punto central del arreglo de espiras.

Análisis de resultados del grupo de trabajo experimental

Se presentan los resultados de cada pregunta que respondieron los 129 estudiantes que tomaron el

Tablas 3. Respuestas de los estudiantes que solo tomaron la clase teórica

Categorías	Respuestas a la pregunta 1	No. de respuestas	%
A1	Respuesta correcta y completa, hablando de campo magnético terrestre y carga en reposo	4	10,3
A2	Respuesta correcta hablando de campo magnético terrestre, sin incluir el efecto de la carga en reposo.	14	35,9
A3	Respuesta incorrecta, interacción de la brújula con el campo magnético terrestre y la carga eléctrica	18	46,2
A4	No responden	3	7,7
A5	Respuesta incorrecta con justificación correcta.	0	0,0
	TOTAL	39	100,0
Categorías	Respuestas a la pregunta 2	No. de respuestas	%
B1	La fuerza electromotriz genera un campo que interactúa con el campo del imán	8	20,5
B2	Incorrecto, Inducción electromotriz por variación del campo magnético en la espira	5	12,8
B3	Fuera de contexto	14	35,9
B4	No responde	12	30,8
	TOTAL	39	100,0
Categorías	Respuestas a la pregunta 3	No. de respuestas	%
	A B		
A	↓ ←	22	56,4
B	→ ↓	0	0,0
C	↑ →	1	2,6
D	← ↑	0	0,0
E	Ninguna de las anteriores	2	5,1
F	Responde y no argumenta	14	35,9
G	No responde	0	0,0
	TOTAL	39	100,0

Categorías	Respuestas a la pregunta 4		No. de respuestas	%
	P			
A	↓		3	7,7
B	→		1	2,6
C	↑		5	12,8
D	←		0	0,0
E	Cero		17	43,6
F	Responde y no argumenta		12	30,8
G	No responde		1	2,6
	TOTAL		39	100,0

curso en el que se privilegió la enseñanza desde la actividad experimental:

En la primera pregunta, se observó que 67 estudiantes señalaron la dirección correcta que toma la brújula, de los cuales 58 (45 %) ofrecieron una explicación clara sobre la interacción del campo magnético de la brújula y el campo magnético terrestre. Además, aclararon que una carga en reposo únicamente genera campo eléctrico. Es importante señalar la mejoría en la habilidad argumentativa de estos estudiantes: creemos que está relacionada con el ejercicio de presentar los informes de laboratorio en formato de artículo científico.

En las respuestas a la pregunta 2, encontramos un 52,7 % que da la respuesta correcta con la debida sustentación de dos fuentes de campo magnético, el imán y la corriente.

En las respuestas a la pregunta 3 sobre el alambre recto, el 82,2 % aplicó bien la regla de la mano derecha para las dos espiras. En la pregunta 4, se encontró que el 56,6 % realizó bien el proceso de adición de campos magnéticos; un 12,4 % eligió bien la respuesta, pero no la justificó; un 27,1 % hizo mal la suma vectorial y por eso, se les anuló el campo magnético en el punto central del arreglo de espiras.

Análisis comparativo de los resultados de los cursos teórico y experimental

El análisis de los resultados con respecto a la pregunta 1 mostró que el grupo de estudiantes que no realizó las actividades experimentales en 2014

(Tabla 3) presentó las mismas dificultades que se encontraron en 2012 (Tabla 2): solo cuatro estudiantes (10,3 %) respondieron acertadamente. En el grupo que realizó el trabajo experimental (Tabla 4), hubo 58 respuestas correctas, que corresponde a un 45% de los participantes.

En la pregunta 2, se observa la misma situación: mientras ocho estudiantes del grupo 1 respondieron acertadamente, en el grupo 2, hubo un aumento considerable en las respuestas correctas: 68 estudiantes (52,7 %).

Lo mismo sucede con las demás preguntas: para la número 3, fueron 22 estudiantes (Tabla 3) del grupo 1, que corresponden al 20,5 %; en el grupo 2, 106 estudiantes (82,2 %) eligieron la opción correcta (Tabla 4). En la pregunta 4, cinco estudiantes (12,8 %) del grupo 1 dieron una respuesta acertada; en el grupo experimental, fueron 73 estudiantes (56,6 %).

Estas diferencias significativas entre grupos demuestra la efectividad de privilegiar la actividad experimental en la enseñanza de la física, en este caso, del electromagnetismo.

En la siguiente tabla, se presentan los resultados comparativos de las respuestas en 2012, cuando se encuestaron 163 estudiantes que ya habían cursado la asignatura de campos o que la estaban cursando y de los estudiantes que fueron sometidos al mismo cuestionario en 2014 (39 tomaron el curso teórico y 129 estuvieron en la clase privilegió la actividad experimental para el aprendizaje sobre electromagnetismo):

Tablas 4. Respuestas dadas por los estudiantes que tomaron el curso experimental

Categorías	Respuestas a la pregunta 1	No. de respuestas	%
A1	Respuesta correcta y completa, hablando de campo magnético terrestre y carga en reposo	58	45,0
A2	Respuesta correcta hablando de campo magnético terrestre, sin incluir el efecto de la carga en reposo.	9	7,0
A3	Respuesta incorrecta, interacción de la brújula con el campo magnético terrestre y la carga eléctrica	45	34,9
A4	No responden	17	13,2
A5	Respuesta incorrecta con justificación correcta.	0	0,0
	TOTAL	129	100,0

Categorías	Respuestas a la pregunta 2	No. de respuestas	%
B1	La fuerza electromotriz genera un campo que interactúa con el campo del imán	68	52,7
B2	Incorrecto, Inducción electromotriz por variación del campo magnético en la espira	22	17,1
B3	Fuera de contexto	29	22,5
B4	No responde	10	7,8
	TOTAL	129	100,0

Categorías	Respuestas a la pregunta 3		No. de respuestas	%
	A	B		
A	↓	←	106	82,2
B	→	↓	3	2,3
C	↑	→	5	3,9
D	←	↑	4	3,1
E	Ninguna de las anteriores		3	2,3
F	Responde y no argumenta		8	6,2
G	No responde		0	0,0
	TOTAL		129	100,0

Categorías	Respuestas a la pregunta 4		No. de respuestas	%
	P			
A	↓		4	3,1
B	→		1	0,8
C	↑		73	56,6
D	←		0	0,0
E	Cero		35	27,1
F	Responde y no argumenta		16	12,4
G	No responde		0	0,0
	TOTAL		129	100,0

Tabla 5. Respuestas de estudiantes de ingeniería: curso teórico 2012-2014 y laboratorio 2014

Respuestas	Teórico - 2012		Teórico - 2014		Laboratorio - 2014	
	No. de estudiantes	Porcentaje	No. de estudiantes	Porcentaje	No. de estudiantes	Porcentaje
4	1	0,5	0	0,0	15	11,6
3	20	10,4	1	2,6	45	34,9
2	70	36,3	10	25,6	45	34,9
1	70	36,3	16	41,0	20	15,5
0	32	16,6	12	30,8	4	3,1
TOTAL	193	100,0	39	100,0	129	100,0

Se encontró que los grupos en los que la enseñanza del electromagnetismo tuvo un enfoque teórico, mostraron dificultades al comprender el concepto de fuentes de campo magnético y al diferenciar entre interacción eléctrica y magnética. De la misma manera, presentaron confusiones con el análisis de los campos generados por espiras, por considerar las direcciones del campo magnético radiales (B y D) y sumar erradamente las componentes vectoriales (E); muchos atribuyeron los efectos eléctricos a campos magnéticos. Todo esto evidencia que no tenían clara la diferencia entre el campo magnético estacionario y el campo electrostático.

Sin embargo, el panorama no fue del todo desalentador: al analizar los resultados del grupo en el que se privilegió la actividad experimental, se notó un aumento en el porcentaje de respuestas correctas. Por tanto, se confirma que el trabajo experimental contribuye a la comprensión de los conceptos fundamentales del electromagnetismo. Es decir, las dificultades anteriormente señaladas no se presentaron en la mayoría de estudiantes que realizó el trabajo experimental, pues respondió de forma acertada.

Conclusiones

Aunque el estudio da cuenta de un contexto particular, dos instituciones de educación superior, los

resultados coinciden con otros estudios realizados en otros países en los que las dificultades en el aprendizaje del electromagnetismo han mejorado al usar estrategias de enseñanza en las que la actividad experimental juega un papel protagónico.

Es importante resaltar algunos puntos que esta investigación evidencia: la necesidad de conocer las dificultades en el aprendizaje que tienen los estudiantes sobre los conceptos físicos, de modo que el profesor los tengan presente al pensar en sus prácticas de enseñanza. Otro punto importante es la contextualización de las situaciones experimentales que se le presentan al alumno como una forma de motivar el estudio y que, además, posibilita la formación en términos de habilidades o competencias para resolver problemáticas propias del contexto.

Referencias bibliográficas

- Almudí, J. (2002). *Introducción del concepto de campo magnético en el primer ciclo de la universidad: dificultades de aprendizaje y propuesta alternativa de orientación constructivista. Tesis Doctoral*. Bizkaia: Universidad del País Vasco.
- Duit, R., & Confrey, J. (1996). Reorganizing the Curriculum and Teaching to Improve Learning in Science and Mathematics. En D. Treagust, R. Duit, & B. Fraser (Edits.), *Improving Teaching*

- and Learning in Science and Mathematics* (págs. 79-93). New York: Teachers College Press.
- Gil, D., & Valdés, R. (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora. *Alambique*, 6, 93-102.
- Gil, D., Furió, G., & Valdés, E. (1994). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.
- Guisasola, J., Almudí, J., & Zubimendi, J. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría de campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 79-94.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.
- Maloney, D., O'Kuma, T., Hieggelke, J., & Heuvelen, A. (2001). Surveying Students' Conceptual Knowledge of Electricity and Magnetism. *Physics Education Research. American Journal of Physics*, 69 (7), 12-23.



