

Una experiencia de aplicación del aprendizaje activo del electromagnetismo en la formación docente durante la pandemia

Ana Paula Corrales

anapaulacorrales@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7051-0343>

María Isabel Viera

isaviera81@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3057-0525>

Washington Meneses

wameneses@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1229-9882>

Ce.R.P del Norte

Rivera-Uruguay

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de una breve investigación cualitativa-cuantitativa sobre los aprendizajes de algunos conceptos de campo magnético y el principio de superposición. La actividad se basó en una metodología activa, con la que participaron diecisiete estudiantes, mayores de diecinueve años, de segundo año de las especialidades física y química del Ce.R.P. del Norte, Rivera, Uruguay. En una primera instancia, virtual y con apoyo de plataforma educativa, se utilizaron guías para análisis de videos. Luego, en una etapa presencial, se realizó un conjunto de actividades experimentales guiadas. La evolución de los aprendizajes, del pretest al postest, se registró con el apoyo de formularios web. Las respuestas fueron analizadas cualitativamente según las preconcepciones sobre el magnetismo y se exploraron cuantitativamente usando el análisis de concentración. Tras el análisis de los resultados, se observaron cambios conceptuales interesantes sobre el campo magnético producido por imanes y conductores de corriente. Las interpretaciones de los estudiantes parecen haber transitado de opiniones realistas ingenuas a concepciones amperianas del tema.

Palabras clave: física; electromagnetismo; investigación educativa; aprendizaje activo

Correspondencia: anapaulacorrales@hotmail.com

Artículo recibido 25 enero 2023 Aceptado para publicación: 25 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Corrales, A. P., Viera, M. I., & Meneses, W. (2023). Una experiencia de aplicación del aprendizaje activo del electromagnetismo en la formación docente durante la pandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9864-9885. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5180

An application experience of active learning of electromagnetism in teacher training during the pandemic

ABSTRACT

This paper presents the results of a brief qualitative-quantitative investigation about the learning of some magnetic field concepts and the superposition principle. The activity was based on an active methodology, with the participation of seventeen students, older than nineteen, from the second year of the physical and chemical specialties of the Ce.R.P. del Norte, Rivera, Uruguay. In the first instance, virtual and with the support of an educational platform, guides for video analysis were used. Then, in a face-to-face stage, a set of guided experimental activities was carried out. The evolution of learning, from the pretest to the posttest, was recorded with the support of web forms. Responses were qualitatively analyzed based on preconceptions about magnetism and quantitatively explored using concentration analysis. After the analysis of the results, interesting conceptual changes were observed about the magnetic field produced by magnets and current conductors. The students' interpretations seem to have moved from naive realist opinions to Amperian conceptions of the subject.

Keywords: *physics; electromagnetism; educational research; active learning*

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se trata de un ejercicio de exploración didáctica sobre las posibilidades de enseñar de forma no tradicional un tema de Física en el nivel terciario de formación docente. El conocimiento científico es estratégico en la sociedad contemporánea y se ha fortalecido luego de situación de pandemia.

Una educación para nuestro tiempo, repleto de imprevistos, invita a una comprensión amplia del entorno a través de aprendizajes significativos que permitan dar sentido a la información, contrastar datos, identificar fuentes confiables y motivar la comprobación experimental. En ese sentido, como lo plantean Gil (1997) y Pozo (1999), el docente adquiere un rol de guía y acompañante didáctico y el foco del proceso educativo pasa al estudiante, quien adquiere el protagonismo en el aula. El aprendizaje activo, como indica García-Bullé (2021), es un método de enseñanza donde los estudiantes se involucran con el material de estudio y construyen el saber de modo colectivo. Las actividades que se desarrollan en ese marco conceptual constructivista incluyen, entre otros, la resolución de problemas, la redacción de informes, la discusión en grupos.

En lo que respecta a la educación en Física, la docencia universitaria de los países anglosajones ha desarrollado proyectos basados en el aprendizaje activo que se pueden adaptar a las realidades locales y, de ese modo, explorar científicamente los resultados y beneficios de las metodologías constructivas de enseñanza y de aprendizaje. Según Sokoloff (2010), las metodologías que fomentan el aprendizaje activo mejoran la comprensión de la Física, porque guían a los estudiantes en la construcción del conocimiento a través de un ciclo de observación, predicción, discusión entre pares, experimentación y comparación del resultado experimental con las predicciones. Esas metodologías se vislumbran especialmente útiles en el ámbito de la formación de docentes para la educación media, donde la transposición didáctica es indispensable.

Entre los temas de Física, el electromagnetismo clásico es un modelo especialmente complejo de aprender debido al alto nivel de abstracción requerido para su interpretación. Una de las razones de esa dificultad se debe a que los fenómenos electromagnéticos son “bastante menos cotidianos para el estudiante que, por ejemplo, los fenómenos mecánicos” (Maloney, 2001). Estudios realizados entre estudiantes universitarios, como los de Guisasola y Almudí (2003) o Benegas (2007), indican que los conceptos erróneos sobre el magnetismo son análogos a los detectados en electrostática.

Según Singh (2017), a esas dificultades se agrega la naturaleza tridimensional no intuitiva del campo magnético. Esos diagnósticos se han basado en los resultados de la aplicación de reconocidas pruebas estandarizadas como The Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM), ampliamente utilizada en el área de la educación universitaria de la Física. Como lo indican Barniol, Campos y Zavala (2018), el uso de este tipo de test se ha empezado a implementar en su versión en español. Justamente, algunas de las preguntas incluidas en esas pruebas fueron adaptadas para su uso en esta actividad.

Con este panorama teórico, se ha construido un ejercicio de exploración didáctica para enseñar de forma no tradicional algunos puntos del tema campo magnético en el curso de segundo año del plan 2008, de las carreras de grado de formación profesores de Física y Química, en el Centro Regional de Profesores (Ce.R.P.) del Norte, sede Rivera. Los currículos de las especialidades Física y Química cuentan con la asignatura Física II en común, cuya temática principal es la introducción al modelo electromagnético. Para los futuros profesores de ciencias de Educación Media, estos conocimientos son de interés para una adecuada transposición didáctica de conceptos directamente implicados en la investigación y la tecnología contemporáneas, como la resonancia magnética, el efecto Hall o la espectrometría de masas.

Entre las intenciones del proyecto se buscó recabar datos sobre los beneficios en los aprendizajes de ese grupo de estudiantes al implementar una metodología de aprendizaje activa tutoriada. También fue la ocasión para comparar las preconcepciones citadas en las referencias bibliográficas y practicar la cuantificación de las respuestas utilizando indicadores estadísticos. Consideramos oportuno compartir esta experiencia en un momento en el que la Formación Docente en Uruguay está transitando hacia el reconocimiento universitario y se hace necesario fortalecer la docencia, la extensión y la investigación.

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó una exploración bibliográfica en buscadores académicos. En ese proceso, se seleccionaron algunos materiales con propuestas viables para ser adaptadas al ámbito local de educación terciaria de formación de profesores. La investigación de Guisasola y Almudí (2003) sobre aprendizaje de campos magnéticos estáticos y el trabajo de Barniol, Campos y Zavala (2018) fueron esenciales para la construcción del pretest.

Por otro lado, el artículo de Bao y Redish (2000) fue la referencia para el estudio cuantitativo de los aprendizajes a través de la comparación entre el pretest y el postest. El trabajo de campo se llevó a cabo en el segundo semestre de 2020, con las limitaciones que representó el protocolo de distanciamiento social debido a la pandemia de Covid-19, combinando el trabajo en plataformas virtuales con una instancia presencial en laboratorio. La planificación anual de la asignatura Física II, de los profesorados de Física y Química, permitió el trabajo coordinado y simultáneo. Los docentes responsables por las asignaturas y la Docente Orientadora del Laboratorio de Física (DOL) del CeR.P., consideraron que el tema de enseñanza debería ser la introducción al magnetismo y el principio de superposición. Todos los estudiantes ya habían trabajado los contenidos sobre electrostática y electricidad y, como punto de partida, coincidimos que “el magnetismo puede ser comprendido por analogía con la electricidad” (Belcher, 2005). El análisis de las respuestas se desarrolló en el semestre siguiente de 2021.

Los datos iniciales se recabaron a través de un pretest, en formato virtual, enviado a los estudiantes. La información general de ambos grupos incluyó la orientación que cursaron en Bachillerato. De los 17 estudiantes consultados, 53% cursó Ciencias Biológicas, el 23 % Físico- Matemática, 12% Social- Humanísticas y el 12 % otro tipo de orientación. Estos datos permitieron identificar que 12 de los participantes estudiaron recientemente el tema magnetismo en Educación Media, lo que fue favorable para las discusiones en grupo. El formulario de pretest incluyó 12 preguntas de opción múltiple sobre los temas líneas de inducción, fuerza magnética, campo magnético terrestre, principio de superposición de campo magnético, campo magnético creado por un conductor recto con corriente y la regla de la mano derecha.

Luego de la aplicación del pretest se inició una serie de actividades de enseñanza preparadas desde la consigna del aprendizaje activo. En primer lugar, en una clase por plataforma Zoom, se compartió un video sobre la fabricación y el uso de imanes. Los estudiantes discutieron los puntos más importantes de ese video. La evaluación de la actividad se realizó con preguntas en un formulario de Drive. Posteriormente, se elaboró un tutorial para actividades experimentales en donde los estudiantes trabajaron de forma presencial y en equipo, con acompañamiento docente. Para finalizar la propuesta didáctica, se compartió el postest digital con la misma consigna inicial. El análisis

comparativo del pretest y el postest permitió identificar algunos cambios conceptuales en los grupos. En la tabla I se resumen las actividades.

Tabla I. Cronograma de actividades desarrolladas en la investigación.

Instancias	Actividades
Modalidad virtual (2hs de clase)	<p>-Pretest: Como actividad introductoria a la investigación, se aplicó el Pretest a los dos grupos estudiados, mediante un formulario de Google Docs, compartido en la plataforma CREA. Los docentes no intervinieron, ni realizaron explicaciones de las consignas. Sin embargo, registraron las preguntas y/o comentarios que los estudiantes realizaron al completar el formulario.</p> <p>-Observación y discusión del video: "Cómo son hechos los imanes", del canal de Youtube brasileño "Manual do Mundo": A medida que se discutía sobre el contenido del video, un estudiante actuó como secretario, registrando las dudas, preguntas y aportes que realizaban los compañeros. De esta forma se construyó una ficha con preguntas para luego investigar.</p>
Tarea	<p>-Búsqueda de información sobre las preguntas formuladas en la clase anterior.</p> <p>-Formulario individual para analizar la información presentada en el video. También mediante Google Docs.</p>
Modalidad presencial (4hs de clase)	<p>Actividades experimentales en el laboratorio:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Imanes y líneas de inducción: <ol style="list-style-type: none"> a) Interacciones. b) Imanes. c) Campo magnético. d) Campo magnético resultante. 2) Campo magnético creado por un conductor recto y largo: <ol style="list-style-type: none"> a) Brújula y conductor horizontal. b) Campo magnético de un conductor vertical y corriente variable. c) Campo magnético de un conductor vertical y distancia variable. d) Representación vectorial del campo magnético. <p>En el espacio de Laboratorio y respetando el protocolo sanitario, los estudiantes llevaron a cabo las actividades experimentales, orientados por un tutorial elaborado por los docentes. El grupo fue dividido en dos equipos de trabajo, de forma que ambos grupos pudieran completar las dos actividades. En tiempo real, los integrantes de los equipos discutieron, tomaron fotos, filmaron y completaron las guías / tutoriales, disponibles en plataforma.</p>
Tarea	Finalización y entrega del informe de las actividades experimentales.
Modalidad virtual (2hs de clase)	<p>Breve puesta en común y discusión de las conclusiones obtenidas en el Laboratorio.</p> <p>Aplicación del postest con las mismas consignas del pretest.</p>

ANÁLISIS CUALITATIVO

Una interpretación del aprendizaje del electromagnetismo se orienta hacia que los fenómenos estudiados son “diferentes manifestaciones de un mismo problema, la desconexión entre el conocimiento que los estudiantes generan para dar sentido al mundo que les rodea, un mundo de objetos y conceptos abstractos referidos a un mundo más imaginario que real” (Pozo, 1997). En el mismo sentido, el estudio de Guisasola (2003) sobre el aprendizaje del electromagnetismo organiza las preconcepciones de los estudiantes en cinco categorías en las que el aprendizaje evoluciona por etapas. En la tabla II se resume esa clasificación y las ideas asociadas en cada caso. En esta investigación, algunas de las consignas del pretest-postest fueron analizadas con esas categorías.

Tabla II. *Categorías de las preconcepciones sobre el electromagnetismo, según Guisasola (2003).*

Categoría	Asociaciones
1. Concepción inicial	El magnetismo se atribuye a cualidades propias de la materia.
2. Concepción realista ingenua	Se atribuye a las líneas de campo entidad real. La interacción magnética se produce por atracciones y repulsiones de las líneas de campo.
3. Concepción eléctrica	En la que se identifica la carga eléctrica en reposo como fuente del campo magnético. Los imanes se consideran cuerpos cargados.
4. Concepción amperiana	Se identifican las cargas en movimiento como fuente del campo.
5. Concepción amperiana y relativista	Perspectiva completa del campo electromagnético.

Para complementar el estudio de las ideas previas referentes al principio de superposición y las líneas de inducción, se ha optado por utilizar los aportes realizados por Campos, Zavala, Susa y Guisasola (2019) sobre las líneas de campo eléctrico. En este estudio se obtienen algunas evidencias de que una interpretación incorrecta del diagrama de línea de campo eléctrico puede dificultar la comprensión del principio de superposición. Los autores indican que aquellos alumnos que interpretan correctamente

la diagramación vectorial de campo en un punto tienden a responder mejor las preguntas sobre el principio de superposición.

Además, Garza y Zavala y Li y Singh, citados por Guisasola (2019), explican que los estudiantes tienden a aplicar el principio de superposición de fuerza eléctrica más a menudo que para el campo eléctrico, prefieren pensar que las cargas en línea recta son bloqueadas por otras cargas y, de esta forma, no aportan al campo eléctrico e interpretan que solo las cargas más cercanas contribuyen al campo eléctrico en posiciones específicas en el espacio. Por analogía, todos estos aportes se pueden anticipar en las respuestas de interpretación sobre el magnetismo. Las preguntas del pretest y del postest fueron construidas por el equipo docente a partir de los aportes de las investigaciones citadas. Para analizar los conceptos abordados, las intencionalidades de las opciones y las posibles ideas previas, se elaboró el organizador de la tabla III.

Tabla III. *Conceptos abordados en las preguntas del pretest e intencionalidades de las opciones.*

Opción correcta	Conceptos abordados	Intencionalidad de las opciones
1.c	Reconocimiento de las regiones de los imanes. Idea previa: <i>“Los imanes se consideran como cuerpos cargados. Se encuentra en el tercer estadio de las categorías de nivel de aprendizaje, transitando a una interpretación Amperiana en el postest”</i> (Guisasola et al., 2003).	-Creen que los polos del imán están cargados eléctricamente. -Confunden la terminología, “norte” y “sur” con “negativo” y “positivo”. -Ven al imán como un sistema con carga neta. -Consideran la existencia del monopolio magnético
2.c	Características de las líneas de inducción: Líneas cerradas en tres dimensiones, orientadas de Norte a Sur por fuera del imán y de sur a norte en su interior. <i>“Transitan del segundo estadio de las categorías de nivel de aprendizaje, a la quinta”</i> (Guisasola et al., 2003).	Consideran que las líneas de inducción: -Son abiertas. -Pueden tener cualquier orientación. -Son bidimensionales. - No se distribuyen en el interior del imán.
3. b 4. a	Fuerza magnética de atracción o repulsión entre polos magnéticos, 3º Ley de Newton. Idea previa: <i>“Los alumnos no aplican las leyes de Newton para explicar los fenómenos expuestos. No reconocen interacciones”</i> (Fracaro y Perales, 2010).	-No identifican en qué casos la fuerza magnética es de atracción o repulsión. -No lo relacionan con el Principio de Interacción (3º Ley de Newton) y por lo tanto no logran caracterizar el “par de fuerzas”.

Una experiencia de aplicación del aprendizaje activo del electromagnetismo
en la formación docente durante la pandemia

5.a	<p>Fuerza magnética de atracción o repulsión entre polos magnéticos, 3ª ley de Newton (imanes de diferentes tamaños). Idea previa: <i>“No reconocen interacciones, o si consideran una interacción, el cuerpo mayor provoca una fuerza mayor”</i> (Fracaro y Perales, 2010).</p>	<p>-Piensan que la fuerza magnética entre dos imanes será de distinto módulo si los imanes son de diferente tamaño, ignorando el principio de interacción. -No identifican en qué casos la fuerza magnética es de atracción o repulsión.</p>
6.c	<p>Orientación de la brújula cuando se encuentra muy cerca de un imán. (Acción del campo magnético terrestre y bajo qué circunstancia sería despreciable). Idea previa: <i>“Existe un potente imán en el norte geográfico capaz de atraer la aguja metálica de la brújula, aunque se encuentre muy lejos.”</i> (Meneses y Caballero, 1995)</p>	<p>-No consideran que la aguja de la brújula se comporta como imán y que se orienta hacia el Norte geográfico en ausencia de otros campos magnéticos. -Creen que el imán no afectará la orientación de la brújula. -Creen que el campo magnético terrestre es suficiente para evitar la desviación de la brújula.</p>
7.d	<p>Orientación de la brújula cuando se encuentra “no muy cerca” de un imán. Principio de superposición: Campo magnético resultante entre el terrestre y el campo magnético creado por un imán. Idea previa: Se usa como referencia los estudios realizados para campos eléctricos y principio de superposición, analogía para los imanes.” <i>Algunos estudiantes piensan que solo las cargas más cercanas contribuyen al campo eléctrico.”</i> (Campos et al., 2019).</p>	<p>-Creen que al aumentar la distancia el campo magnético del imán no afectará a la brújula, (predominando así, el campo magnético terrestre). -Piensan que la aguja de la brújula se orienta según un campo magnético específico y no usan el principio de superposición, (B resultante). -Reconocen que debe haber un campo resultante pero no saben cómo estará orientando.</p>
8.d 9.e	<p>Principio de superposición. Campo magnético resultante en un punto, para dos imanes enfrentados sobre el mismo eje longitudinal y luego dispuestos en forma perpendicular. Idea previa: Se usa como referencia, y analogía, los estudios realizados para líneas de campo eléctrico y principio de superposición. <i>“Los estudiantes pueden pensar que las cargas en línea recta son bloqueadas por otras cargas y, por lo tanto, no contribuye al campo eléctrico”</i> (Campos et al., 2019).</p>	<p>-No consideran el B resultante, ignorando el principio de superposición. -No realizan correctamente la suma vectorial de campos (para vectores colineales y perpendiculares).</p>

10.a 11.b	Fuentes de campo magnético (B creado por corrientes eléctricas. Se verifican <i>"dificultades a la hora de establecer una relación cuantitativa entre el comportamiento del campo magnético a lo largo de una línea cerrada y la cantidad de corriente (fuente de dicho campo) que atraviesa la región limitada por la citada trayectoria"</i> (Guisasola, Almuni y Ceberio, 2003).	-No logran interpretar conceptual, ni gráficamente la ecuación de campo magnético para un conductor recto. -Confunden las relaciones de proporcionalidad entre las magnitudes. -Entienden conceptualmente la relación entre las magnitudes, pero no logran identificarlas gráficamente.
12.c	Reconocer que el B es tangente a las líneas de inducción en un punto. Interpretar gráficamente la relación entre el campo magnético del conductor recto y la distancia a un punto. <i>"Los estudiantes no conocen comprensivamente la definición operativa del campo magnético, en este caso en lo que se refiere a la dirección y sentido del mismo", "transitan del tercer estadio de nivel de aprendizaje, a la quinta categoría"</i> (Guisasola et al, 2003).	-Creen que el B es radial y paralelo a las líneas de inducción. -Piensan que el módulo del campo magnético no varía respecto a la distancia.

En la comparación del pretest con el postest, se identificaron cambios cualitativos en el aprendizaje. A continuación, se analizan las respuestas obtenidas en esas consignas.

En la Pregunta 2, mostrada en la figura 1, sobre líneas de inducción o de campo magnético, en el pretest se detectaron tres tipos de respuestas. Un grupo de estudiantes respondió de forma incorrecta y lo justificó por analogía de las líneas de inducción con las líneas de campo para el dipolo eléctrico. En ese caso, se asoció el polo norte con un polo positivo, y el sur con un polo negativo, mostrando la interpretación de que las líneas de campo magnético parecen salir del norte y entran al sur del imán. Por otro lado, un estudiante sugirió que las líneas de campo magnético son cerradas e identificó cómo se orientan, citando que se debe a una convención. Solo un estudiante identificó correctamente la orientación de las líneas de campo magnético y mencionó que son representaciones en tres dimensiones. Posteriormente, en el postest, la mayoría de los estudiantes expresó que las líneas de inducción son cerradas, tridimensionales y orientadas de norte a sur. Algunos explicaron que las líneas no se interrumpen, sino que

son continuas, pasando por dentro del imán. Otros justificaron su respuesta mencionando lo observado en la actividad experimental.

Pregunta 2

Los imanes son fuentes de campo magnético. ¿Cuál de las siguientes figuras considera que representa mejor la distribución de líneas de campo (o de inducción) para una barra imantada? Explique de manera breve por qué eligió esa opción.

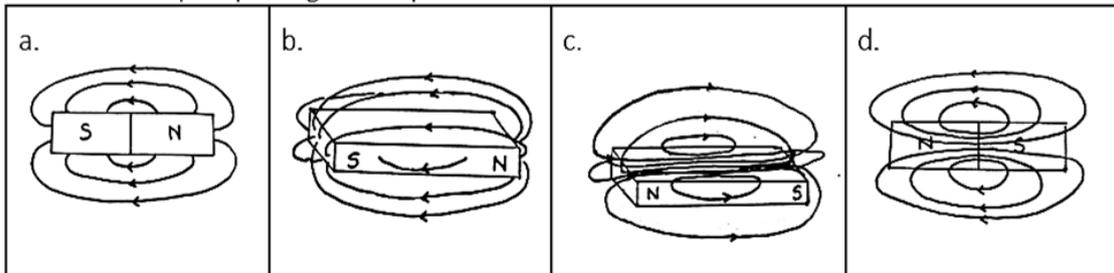
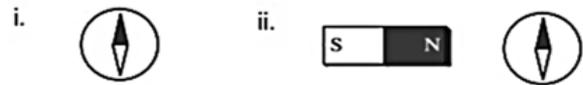


Figura 1. Pregunta 2: sobre líneas de inducción o de campo magnético.

Con la Pregunta 6, mostrada en la figura 2, donde el imán está cerca de la brújula, en el pretest se pudo observar que los estudiantes que eligieron una opción incorrecta afirmaron que el polo norte del imán atrae al polo norte de la brújula. Pocos reconocieron la existencia del campo magnético terrestre y explicaron que, cuando el imán se encuentra muy cerca de la brújula, el campo magnético de la Tierra es despreciable comparado al del imán. En el posttest, aumentó el número de respuestas que mencionan al campo magnético resultante entre el campo magnético terrestre y el campo magnético del imán, aclarando que predomina el campo creado por el imán. Como en el caso anterior, algunos estudiantes argumentan sus respuestas en base a la actividad experimental.

Pregunta 6. En la figura i se muestra una brújula que está orientada hacia el Norte geográfico.

Se aproxima un imán a la brújula, como lo representa la figura ii.



¿Cuál de las siguientes opciones representa mejor la posición de la aguja de la brújula cuando el imán queda en reposo cerca de la brújula? Explique brevemente por qué eligió esa opción.



Figura 2. Pregunta 6: Efecto del campo magnético del imán sobre la brújula.

La Pregunta 7, mostrada en la figura 3, donde el imán está más alejado de la brújula, mostró en el pretest que los estudiantes consideraron que, al haber aumentado la distancia entre el imán y la brújula, el campo magnético del imán no modifica la orientación de la aguja, que mantendría su orientación según el campo magnético terrestre. En esta oportunidad, ningún estudiante respondió de acuerdo con el principio de superposición o con el concepto de campo magnético resultante. En el postest, la mayoría de las respuestas cambian hacia el concepto de campo magnético resultante, además de estar fundamentadas según las observaciones experimentales. En algunas respuestas se refleja la dificultad en identificar la diferencia entre las situaciones planteadas en las preguntas 6 y 7, o directamente confunden el término no muy cerca con alejado. Esta ambigüedad exige modificaciones en la redacción de la consigna para su futura aplicación en nuevas intervenciones.

Pregunta 7. En la figura i se muestra una brújula, que está orientada hacia el Norte geográfico. Se aproxima un imán a la brújula, pero no muy cerca de ella, como lo representa la figura ii.



¿Cuál de las opciones representa mejor la posición de la aguja de la brújula cuando el imán queda en reposo no muy cerca de la brújula? Explique brevemente por qué eligió esa opción.

a. No se modifica	b. Gira 180°	c. Gira 90° en sentido horario	d. Se inclina en sentido horario	e. Se inclina en sentido antihorario

Figura 3. Pregunta 7: Imán colocado alejado de la brújula.

La pregunta 12, indicada en la figura 4, trata sobre la representación vectorial del campo magnético. En este caso, se propone la diagramación del vector campo magnético en dos puntos del plano. Tanto en el pretest como en el postest, la mayoría de los estudiantes expresa correctamente la relación entre el módulo del campo magnético y la distancia del conductor al punto estudiado. También mencionan haber utilizado la regla de la mano derecha para identificar el sentido de las líneas de inducción y la orientación del vector campo magnético. Reconocen correctamente que este vector es tangente a las líneas de inducción.

Pregunta 12. Un conductor recto y largo transporta una corriente eléctrica constante. Las circunferencias representan las líneas de campo magnético para ese caso. En la figura adjunta, se muestra la regla de la mano derecha. ¿Cuál de los diagramas representa mejor el vector campo magnético en los puntos 1 y 2? Explique brevemente su respuesta.



a.	b.	c.	d.

Figura 4. Pregunta 12: Vector campo magnético y líneas de inducción.

Para finalizar el análisis cualitativo, parece interesante citar que, a medida que los estudiantes realizaban el pretest, surgieron algunas dudas y comentarios que los docentes entendieron pertinentes registrar. Por ejemplo, un estudiante de física preguntó si la constante k' , de la ecuación de campo magnético para el conductor recto

y largo, podría ser negativa. Los estudiantes de química comentaron que no habían encontrado en el imán la letra *P* para polo *positivo* y les pareció muy incoherente que los imanes tuvieran polos, concepto que habían escuchado en Geografía. Un alumno comentó que había elegido la opción *líneas bidimensionales*, para las líneas de inducción, porque sabía que deberían pasar por dentro del imán y era más prolijo que la opción de *líneas tridimensionales*, porque en el dibujo había demasiadas curvas trazadas. Además de estos puntos, algunos alumnos manifestaron sentirse frustrados por no recordar los conceptos incluidos en el test.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis cuantitativo de los datos se realizó con planilla Excel y aplicando el modelo de análisis de concentración (Bao, 2000). Las funciones que utiliza este modelo son la calificación (*score*, *S*), que corresponde al número de aciertos de cada pregunta y el factor de concentración (*C*) que indica la forma en que se distribuyen las respuestas. La ecuación (1) permite calcular *C* a partir de los parámetros *N*, *m* y n_i .

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m} - 1} \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (1)$$

En esa expresión, *N* es el número de estudiantes, *m* indica la cantidad de opciones de cada pregunta, n_i representa el número de estudiantes que optó por la respuesta *i*. Para que el estudio permitiera una visión de los porcentajes en las respuestas, se trabajó con los datos normalizados en todas las tablas.

El modelo de análisis de concentración clasifica los resultados según la puntuación *S* (*score*), la cantidad de respuestas correctas en cada pregunta, y el factor de concentración (*C*), utilizando una codificación de tres niveles: bajo (L), medio (M) y alto (H). En la tabla IV se resumen los valores normalizados de los rangos de cada nivel.

Tabla IV. Código para los niveles de puntuación (*S*) y factor de concentración (*C*).

(Adaptado de Bao, 2000).

Nivel	S	C
L (bajo)	$S \leq 0,4$	$C \leq 0,2$
M (medio)	$0,4 < S \leq 0,7$	$0,2 < C \leq 0,5$
H (alto)	$0,7 < S \leq 1$	$0,5 < C \leq 1$

A partir de los datos obtenidos en el pretest y en el postest, se elaboraron tablas de valores normalizados, una para Química y otra para Física. El resumen de los cálculos de S y C, utilizando la ecuación (1) para cada grupo, se presenta en la tabla V.

Tabla V. Calificación (S) y factor de concentración (C) de pretest y postest.

Química					Física				
PREGUNTA	Pretest		Postest		PREGUNTA	Pretest		Postest	
	S	C	S	C		S	C	S	C
1	0,57	0,48	1,00	1,00	1	0,50	0,47	0,73	0,60
2	0,29	0,11	0,50	0,25	2	0,00	0,30	0,45	0,14
3	1,00	1,00	0,83	0,70	3	0,90	0,81	1,00	1,00
4	0,43	0,25	0,67	0,41	4	0,90	0,81	0,91	0,83
5	0,57	0,31	0,83	0,70	5	0,50	0,41	0,64	0,47
6	0,57	0,38	0,83	0,73	6	0,60	0,42	0,55	0,39
7	0,29	0,12	0,67	0,47	7	0,30	0,08	0,55	0,32
8	0,43	0,19	0,67	0,47	8	0,60	0,42	0,64	0,43
9	0,57	0,38	0,83	0,73	9	0,90	0,83	0,82	0,71
10	0,43	0,11	1,00	1,00	10	0,60	0,36	0,55	0,32
11	0,14	0,11	1,00	1,00	11	0,30	0,17	0,45	0,22
12	0,29	0,03	1,00	1,00	12	0,30	0,06	0,55	0,25
Promedio	0,46	0,29	0,82	0,70	Promedio	0,53	0,43	0,65	0,47

A partir de estos datos, se construyó la gráfica del factor de concentración en función de la puntuación (C-S), como lo muestra la figura 5. En este diagrama, se identificó la distribución de las respuestas en función de las categorías de la tabla IV. La gráfica C-S evidencia avances en los aprendizajes de ambos grupos. Los vectores muestran los cambios de los promedios de las coordenadas C y S del pretest hacia el postest. En los dos grupos se nota un desplazamiento general positivo del promedio inicial hacia el final. El grupo de Física avanzó dentro de la región MM, donde coexisten modelos conceptuales. En el grupo de Química hay una transición de la región MM hacia el cuadrante HH, relacionado con el aprendizaje de un modelo único y de alto nivel. Las curvas representadas en la gráfica C-S son aproximaciones de $C_{\min}(S)$ y $C_{\max}(S)$ para $m=5$ (preguntas con cinco opciones). Solo se han dibujado para verificar que los datos se adecuan al factor de concentración. A pesar de lo limitado de la muestra, los resultados se encuadran muy bien en el modelo, superando ambos grupos la línea de $S=0,40$.

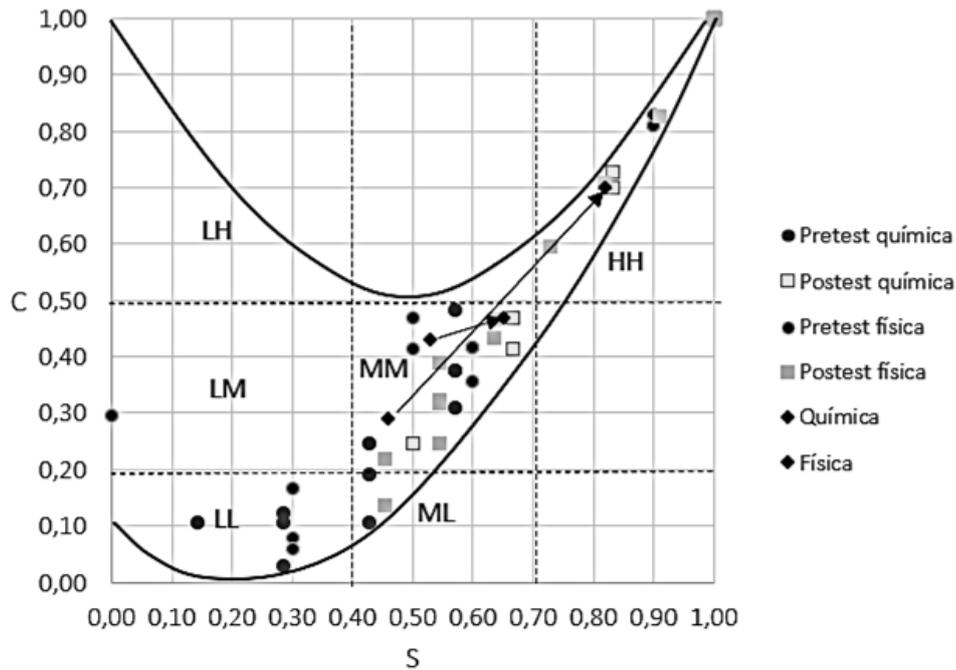


Figura 5. Gráfica de factor de concentración en función de la puntuación (C-S) para las preguntas de múltiple opción del pretest y postest. Adaptado de Bao (2000).

A continuación, se analizan los cambios observados en cada pregunta de las pruebas planteadas.

En la pregunta 1, mostrada en la figura 6, relativa a los polos de un imán, el pretest mostró una relación entre S y C fue muy similar en los dos grupos, ubicándose en el cuadrante MM, donde coexisten las interpretaciones de los extremos de los imanes como cargas y polos. En el postest, los valores de S y C se ubicaron en el cuadrante HH. Esto indica que los estudiantes lograron apropiarse de la terminología “polo norte y polo sur”, luego de las actividades tutoriadas.

Pregunta 1. Los imanes tienen regiones que son:

- a) Carga negativa y carga positiva
- b) Polo negativo y polo positivo
- c) Polo norte y polo sur
- d) Pueden tener una sola carga
- e) Pueden tener un solo polo

Figura 6. Pregunta 1: Polos de un imán.

Por otro lado, la pregunta 2, mostrada anteriormente en la figura 1, resultó un caso problemático. En ambas pruebas las respuestas se ubicaron en la región LL, lo que indica

que no se aprendió el concepto de líneas de inducción. Las respuestas incorrectas transitaron de líneas de campo magnético abiertas y en el plano hacia líneas abiertas en tres dimensiones.

La pregunta 3, que se puede ver en la siguiente figura 7, relativa a la interacción entre imanes con polos iguales enfrentados (acción-reacción), no presentó dudas conceptuales, ubicándose la relación C-S en el cuadrante HH en las dos pruebas y para ambos grupos. Los estudiantes asocian la tercera ley de Newton con la interacción entre imanes con polos iguales enfrentados.

Pregunta 3. ¿Cuál de los siguientes diagramas representa la interacción entre los imanes de la figura? En todos los casos, las flechas representan los vectores fuerza magnética.

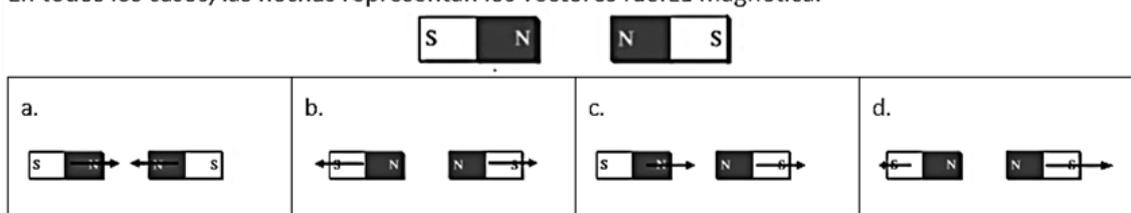


Figura 7. Pregunta 3: Interacción entre imanes con polos iguales enfrentados.

Por otro lado, la pregunta 4, presentada en la figura 8, sobre la Interacción entre imanes con polos distintos enfrentados (acción-reacción), mostró resultados que se diferencian según el grupo de estudiantes. Para Química hubo una transición de la región LL hacia la zona HH, lo que lleva a considerar que en el pretest prevalecieron las preconcepciones, con dudas sobre la aplicación del principio de interacción. Las actividades experimentales colaboraron para llegar al cambio conceptual. Los estudiantes de Física contestaron esta pregunta de forma correcta en las dos pruebas.

Pregunta 4. ¿Cuál de los siguientes diagramas representa la interacción entre los imanes de la figura? En todos los casos, las flechas representan los vectores fuerza magnética.

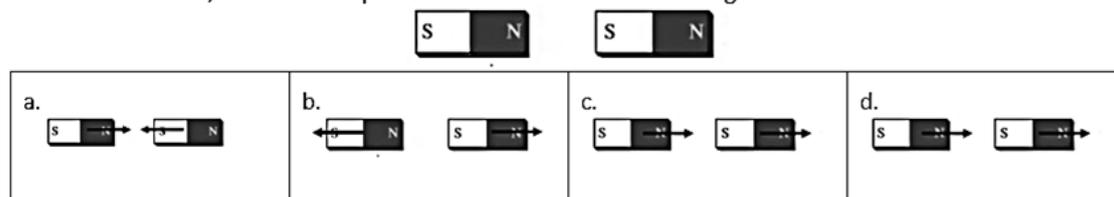


Figura 8. Pregunta 4: Interacción entre imanes con polos diferentes enfrentados.

Pasando a la pregunta 5, indicada en la figura 9, en la que se analiza la interacción de imanes de diferente tamaño, las respuestas de los estudiantes de Química transitaron de

la región MM a la HH del gráfico C-S. Esto indica un aprendizaje sobre la independencia de las dimensiones de los imanes en la interacción. Por otro lado, en el grupo de Física, las respuestas de las dos pruebas se ubicaron en la región MM. Esto sugiere que no hubo cambio conceptual significativo, permaneciendo las ideas previas sobre el principio de interacción.

Pregunta 5. ¿Cuál de los siguientes diagramas representa la interacción entre los imanes de la figura? En todos los casos, las flechas representan los vectores fuerza magnética.

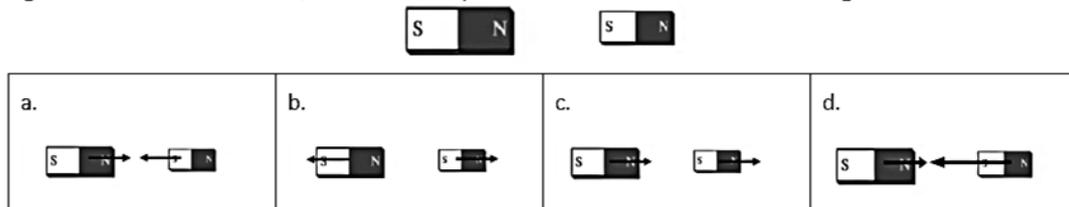


Figura 9. Pregunta 5: Interacción de imanes de diferente tamaño.

En las preguntas 6, de la figura 2, y la pregunta 7, de la figura 3, mostradas anteriormente, donde se presenta cómo afectaba el imán a la brújula, las respuestas se mantuvieron en la región MM en las dos pruebas y en ambos grupos. En la pregunta 6, no reconocieron que predomina el campo magnético del imán frente al terrestre. En la pregunta 7, cuando se alejó el imán de la brújula, persistieron las dificultades en identificar el campo magnético resultante entre el terrestre y el del imán.

Las preguntas 8 (figura 10) y 9 (figura 11) tratan de principio de superposición de campos magnéticos. Las respuestas de la pregunta 8 se mantuvieron en la zona MM en las dos pruebas y para ambos grupos. Esto muestra que los estudiantes dudaron sobre la aplicación del principio de superposición en el punto medio del segmento que une los polos de los imanes.

En el caso de la pregunta 9, los estudiantes de Física mostraron saber aplicar la superposición cuando los imanes están en direcciones perpendiculares, porque las respuestas en las dos pruebas se ubicaron en la región HH. El grupo de Química avanzó desde la región MM hacia la HH después de las actividades tutoradas.

Pregunta 8. Dos imanes iguales se colocan enfrentados, como lo indica la siguiente figura. El punto P está a la misma distancia de cada imán. ¿Cuál de las opciones consideras que representa mejor la dirección y sentido del campo magnético en el punto P?

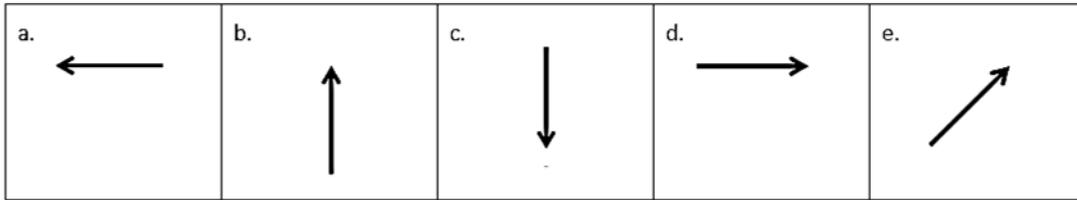
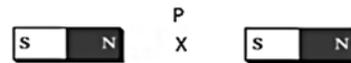


Figura 10. Pregunta 8: Principio de superposición.

Pregunta 9. Dos imanes iguales se colocan en ejes perpendiculares, como lo indica la siguiente figura. El punto P está a la misma distancia de cada imán. ¿Cuál de las opciones consideras que representa mejor la dirección y sentido del campo magnético en el punto P?

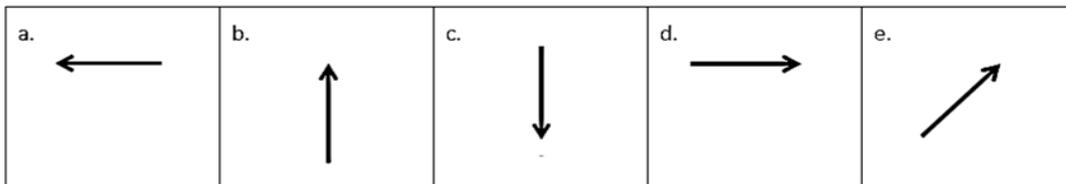
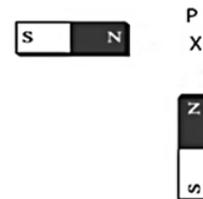


Figura 11. Pregunta 9: Principio de superposición.

Las respuestas de las preguntas 10 (figura 12) y 11 (figura 13), sobre el campo magnético producido por un conductor recto con corriente, tuvieron variaciones diferentes en cada grupo. Los estudiantes de Química mostraron un pretest con muchas preconcepciones y un postest exitoso, transitando de la zona LL a la HH en las dos preguntas. Las respuestas del grupo de Física se mantuvieron en la región MM de la gráfica C-S.

Pregunta 10. La ecuación adjunta a la derecha corresponde al módulo del campo magnético de un conductor largo y recto que transporta corriente eléctrica (k' es una constante de proporcionalidad).

$$B = k' \frac{I}{r}$$

Seleccione la gráfica que considere que representa mejor la función entre el módulo del campo magnético y la intensidad de la corriente eléctrica, cuando se mantiene fija la distancia al conductor (que se representa con r).

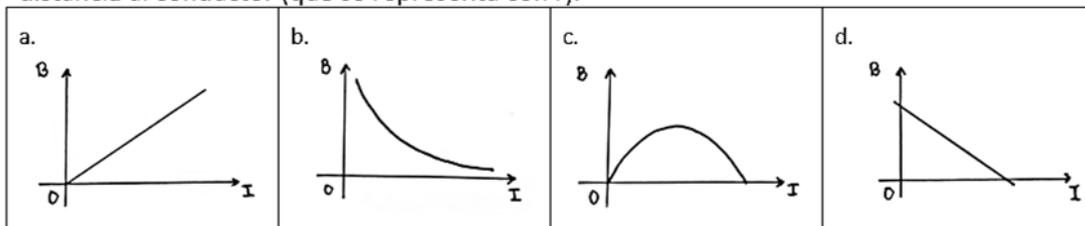


Figura 12. Pregunta 10: Campo de conductor recto con corriente.

Pregunta 11. La ecuación adjunta a la derecha corresponde al módulo del campo magnético de un conductor largo y recto que transporta corriente eléctrica (k' es una constante de proporcionalidad).

$$B = k' \frac{I}{r}$$

Seleccione la gráfica que representa mejor la función entre el módulo del campo magnético y la distancia al conductor (r). Se mantiene fija la intensidad de la corriente.

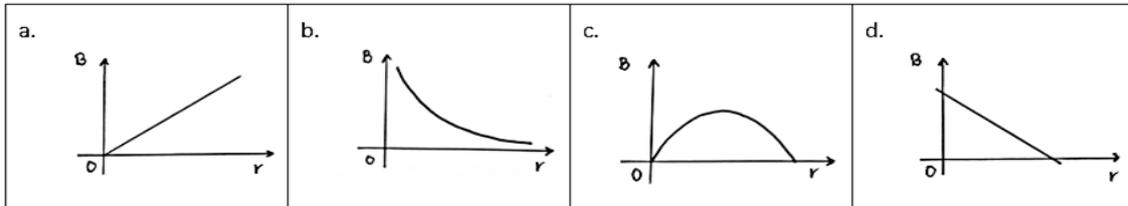


Figura 13. Pregunta 11: Campo de conductor recto con corriente.

Por último, la pregunta 12, ya presentada en la figura 4, donde se analiza la regla de la mano derecha y su relación con el vector campo magnético, permitió detectar que, entre los estudiantes de Química, hubo una transición completa hacia una correcta interpretación del modelo amperiano del campo magnético. Sin embargo, en el grupo de Física, ocurrió una redistribución de las respuestas incorrectas, pero sin transitar hacia el modelo adecuado. Esta interpretación coincide con el análisis cualitativo que se describió anteriormente.

COMENTARIOS Y PERSPECTIVAS

Los resultados cualitativos y cuantitativos que se describen en este trabajo indican que la mayoría de los estudiantes que participaron de la actividad transitaron de modelos mentales simplificados del campo magnético, el principio de superposición y la ecuación de Ampère (región MM de la gráfica C-S), hacia un modelo físico consistente con la experimentación (región HH de la gráfica C-S). Eso coincide con las expectativas al aplicar una metodología de aprendizaje activo. Las respuestas cuantitativas registran ese cambio más adecuado en la interpretación de los fenómenos físicos. La desviación de concentración, aplicada a las respuestas incorrectas de los estudiantes disminuye significativamente después de las clases experimentales tutoradas.

Para un análisis más confiable y amplio sería conveniente realizar modificaciones en las preguntas, por ejemplo, con un testeo previo que incluya la opinión de otros docentes de Física. También se considera pertinente extender la investigación hacia una muestra más numerosa, donde participen varios centros de formación docente y que permita explorar dos tipos de modelos de enseñanza, algunos grupos con metodología de enseñanza tradicional y otros con metodología activa.

Se considera que esta actividad fue constructiva para los futuros docentes ya que vivenciaron una experiencia educativa que escapa de lo tradicional, y que puede ser replicada en el nivel de educación media con muy buenas expectativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bao, L. & Redish, E. (2000). *Concentration analysis: A quantitative assessment of student states*. DOI: 10.1119/1.1371253. Physics Education Research Section of the American Journal of Physics, July 2001, v69, n7.
- Barniol, P., Campos, E. y Zavala, G. (2018). *La prueba conceptual de electricidad y magnetismo: análisis de confiabilidad y estudio de las dificultades más frecuentes*. Enseñanza de las Ciencias, 36.2: 167-192 Investigaciones didácticas <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2456>
- Belcher, J. W. y Olbert, S. (2003). *Field line motion in classical electromagnetism*. American Journal of Physics, 71 (3), 220-228.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol.1, No. 1. Disponible en <http://www.journal.lapen.org.mx/>.
- Campos, E., Zavala, G., Zuza, K., Guisasola, J. (2019). *Electric field lines: The implications of students' interpretation on their understanding of the concept of electric field and of the superposition principle*. DOI: 10.1119/1.5100588. Physics Education Research Section of the American Journal of Physics, August 2019, v87, n8.
- 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.
- Fracaro, A. (2013). *La búsqueda de analogías y diferencias como estrategia en la enseñanza de las interacciones a distancia y del concepto de campo en física*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Granada.
- García-Bullé, S. (2021). *¿Qué es el aprendizaje activo?* Observatorio de Innovación Educativa. Tecnológico de Monterrey, México. Disponible en <https://observatorio.tec.mx/edu-news/aprendizaje-activo>
- Gil, D. y de Guzmán, M. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática: Tendencias e Innovaciones*. OEI: Editorial Popular.

- Guisasola, J., Almudí, J. (2003). *Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección*. Enseñanza de las Ciencias, 2003, 21 (2), 281-293.
- Manual do Mundo (setiembre de 2020). ¿Cómo é feito un imã? Youtube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jCL2dLh5MME>
- 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.
- Meneses, V., Caballero, M. (1995). *Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo*. Investigación y experiencias didácticas, Enseñanza de las ciencias.
- Pozo, J. I. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata, Madrid.
- Singh, C. (2017). Improving Student Understanding of Magnetism. Disponible en <https://arxiv.org/abs/1701.01523>
- (AAE yM). Manual de entrenamiento AAE y M, Módulo 1: introducción.
- Sokoloff, D., Thornton, R. & Laws, P. (2021). *Real Time Physics: Active Learning Laboratories Modules1-4*. Disponible en <https://bcs.wiley.com/he-bcs/Books?action=index&itemId=0471684368&bcsId=2041>.
- Tecpan, S., Benegas, J., Zavala, G. (2015). *Entendimiento conceptual y dificultades de aprendizaje de Electricidad y Magnetismo identificadas por profesores*. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 9. Disponible en <http://www.lajpe.org/>.