

La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética en el nivel secundario

Teaching and learning the phenomenon of electromagnetic induction at secondary level

Yesica Inorreta¹, Bettina Bravo² y Silvia Bravo^{3,4}

¹Facultad de Ingeniería de Olavarría, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle 5737, CP 7400, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

²CONICET - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle 5737, CP 7400, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

³Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

⁴Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Rivadavia 11050. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

*E-mail: yesicainorreta@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación exploratoria en la que se estudió el conocimiento de los alumnos de nivel secundario sobre el fenómeno de inducción electromagnética antes y después de implementar una propuesta de enseñanza especialmente diseñada en la investigación. Se implementó un diseño pretest-postest en el que se analizaron las respuestas elaboradas por los estudiantes a diversas problemáticas que involucran el fenómeno en cuestión y se caracterizó el modo de conocer compartido por el grupo en función de los modelos explicativos y modos de razonar usados. Los resultados revelan que los estudiantes pasaron de concebir el fenómeno en términos intuitivos a explicarlo en términos coherentes con los de la ciencia lo que daría indicios de la potencialidad de la enseñanza para favorecer los aprendizajes deseados. Pero también se detectaron obstáculos en el cambio de conceptualización buscado que advierten aspectos a tener en cuenta al diseñar próximas enseñanzas.

Palabras clave: Inducción electromagnética; Aprendizaje; Propuesta didáctica; Nivel secundario.

Abstract

In this work, the results of an exploratory investigation are presented in which the knowledge of secondary-level students about the phenomenon of electromagnetic induction was studied before and after implementing a teaching proposal specially designed in the investigation. A pretest design was implemented in which the responses made by the students to various problems involving the phenomenon in question were analyzed and the way of knowing shared by the group was characterized based on the explanatory models and ways of reasoning used. The results reveal that the students went from conceiving the phenomenon in intuitive terms to explaining it in terms consistent with those of science, which would give indications of the potentiality of teaching to favor the desired learning. But obstacles were also detected in the change of conceptualization sought, which warn of aspects to take into account when designing future lessons.

Keywords: Electromagnetic induction; Learning; Didactic proposal; Secondary level.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de los fenómenos asociados al electromagnetismo ocupa un lugar central en los diseños curriculares oficiales de nivel secundario (Diseño Curricular, 2017), reconociéndoles su importancia no sólo para la preparación para el ingreso a la universidad sino también para favorecer la alfabetización científico-tecnológica de los estudiantes. De hecho, la inducción electromagnética (IE) está presente en innumerables dispositivos tecnológicos de uso cotidiano, como generadores y motores eléctricos, lámparas por inducción y cargadores de celulares inalámbricos.

Sin embargo, pese a la relevancia social y académica de esta temática, son escasos los trabajos que han estudiado cómo aprenden este tema alumnos de educación secundaria, qué obstáculos deben superar para comprender los conceptos y leyes asociados y qué estrategias de enseñanza favorecerían más eficazmente los aprendizajes deseados (Zuza, Almudí y Guisasola; 2012). Por otro lado, los trabajos que abordan el tema encuentran que los estudiantes presentan serias dificultades para aprender los conceptos y leyes asociadas (véase por ejemplo Almudí, Zuza, y Guisasola J, 2016; Braunmüller, Bravo y Juárez, 2019; Catalán y otros, 2010 y Naizaque Aponte, 2013; Loftus, 1996).

Ante esta situación se diseñó e implementó un trabajo de investigación exploratoria que tiene como objetivo-estudiar: cómo explican e interpretan el fenómeno IE estudiantes de nivel secundario antes de la enseñanza formal del tema; y qué aprenden con relación a los conceptos y leyes asociadas al fenómeno de IE, cuando se implementa en el aula una propuesta de enseñanza (PE) especialmente diseñada en la investigación.

En este trabajo se describe y fundamenta la PE diseñada y se presentan los resultados obtenidos respecto del aprendizaje propiciado, como consecuencia de su implementación.

II. FUNDAMENTOS

Se adopta aquí una postura constructivista del aprendizaje, que reconoce a los estudiantes como los principales actores en el proceso de construcción de sus conocimientos, que se produce a partir de los saberes (formales o intuitivos) que ya poseen (Pozo, 2001; 2016). Respecto del fenómeno de IE, trabajos de investigación realizados dejan de manifiesto que los estudiantes, al llegar al aula, tienden a desconocer el fenómeno o a explicarlos en términos no coherentes con los de la ciencia. Así, por ejemplo, ante el pedido de una explicación sobre cómo es posible que una lámpara se encienda “usando” un imán, suelen asumir que éste se comporta como una batería, como lo muestra la figura 1.

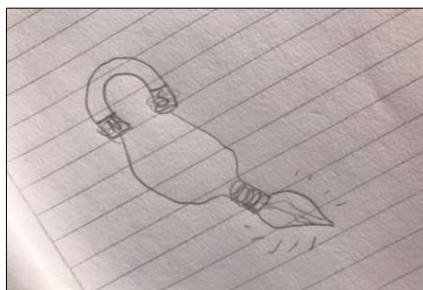


FIGURA 1. Explicaciones de estudiantes de secundaria. Fuente: Inorreta, Braunmüller y Bravo, 2019.

De este modo, los estudiantes tienden a usar un saber de origen intuitivo, construido como consecuencia de su interacción con el entorno físico y social. Desde este saber (y a diferencia de lo que ocurre desde uno científico) se tiende a concebir que el mundo es tal y como lo indican los sentidos (Vosniadou, 2012) por lo que los fenómenos se describen en función de propiedades y cambios observables (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Chi, 2012) suponiéndose a priori que dependen de una sola variable y desconociéndose efectos mutuos entre elementos involucrados, lo que lleva a atender más a las propiedades que a las funciones que éstos cumplen en el contexto del fenómeno dado (Salinas de Sandoval y Sandoval, 1996).

Cuando el conocimiento que poseen los estudiantes antes de la enseñanza formal tiene las características descritas, aprender el saber de las ciencias no implicará el abandono ni la sustitución de las ideas intuitivas sino la construcción de otras y la re-significación de las más primitivas. Esto conlleva a que convivan en la mente de quien aprende múltiples representaciones sobre un dominio dado. Desde este contexto, aprender el saber de la ciencia en general (y de la física en particular) no sólo requiere interpretar los conceptos, leyes, modelos, teorías que ésta propone sino también aprender a gestionar las ideas de las que se dispone para aplicarlas con consistencia y coherencia para resolver exitosamente los problemas que se enfrente (Bravo, 2008).

III. LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Atendiendo a la situación descrita y al marco teórico sintetizado, se elaboró una PE siguiendo la metodología de investigación basada en diseño (Rinaudo y Donolo, 2010), a partir de una secuencia iterativa de microciclos de diseño y análisis de los mismos. Así, la propuesta inicialmente diseñada (Bravo, Bouciguez y Braunmüller, 2019) fue sufriendo diversas modificaciones a partir de los resultados obtenidos al implementarlas en el aula (Inorreta, Braunmüller y Bravo, 2019) con el fin de optimizar su potencialidad como instrumento de enseñanza.

La PE que aquí se comparte (producto de tres microciclos de diseño - implementación áulica – análisis - rediseño¹) tiene como objetivo que los estudiantes: reconozcan el fenómeno de IE y los elementos y procesos que deben darse para que éste ocurra; comprendan los conceptos y leyes que la física propone para explicarlo (como los conceptos de campo y flujo magnético y la ley de Faraday) y que logren aplicarlos para resolver problemas cotidianos o explicar el funcionamiento de dispositivos tecnológicos sencillos². Para favorecer este objetivo a la PE se la organiza atendiendo a la secuencia didáctica IDAS (Bravo, 2008) que contempla cuatro instancias con objetivos y metodologías propias.

La primera instancia, llamada de iniciación, se constituye en el momento en que alumnos y docente reconocen las ideas iniciales (sostenidas por quién aprende), ideas a partir de las cuales se construirán los nuevos saberes. Así, son objetivos de esta instancia que los estudiantes: se motiven por aprender acerca de la temática que se abordará, expliciten sus ideas respecto de dicha temática, reconozcan las imprecisiones, inconsistencias o bajo poder explicativo que suelen tener esas ideas; se interesen en conocer las ideas (y con ello conceptos, modelos y leyes asociadas) que la ciencia propone al respecto. Para lograr estos objetivos se presentan diversas actividades que implican el análisis, explicación, interpretación o predicción de algún fenómeno o la descripción o fundamentación del funcionamiento de algún dispositivo tecnológico.

La segunda instancia, desarrollo, implica el abordaje del saber de la física a partir del saber que los estudiantes manifestaron en la instancia anterior. Desde este saber los alumnos tienden a interpretar y explicar los fenómenos en términos mono variados, reconociendo sólo algunas de las variables o elementos involucrados y desconociendo procesos de interacciones entre ellos. Por ello y con el fin de favorecer no sólo la interpretación de los conceptos y leyes a estudiar sino también el desarrollo de modos de conocer y razonar más cercanos a los de la ciencia, la etapa de desarrollo se organiza siguiendo la siguiente secuencia: identificación/visualización del fenómeno a estudiar a fin de conocerlo o reconocerlo y describirlo; identificación de las variables de las que éste depende; identificación de la interrelación entre dichas variables; indagación/conclusión sobre el significado del concepto o el enunciado de la ley involucrada; enunciación del concepto/ley usando el lenguaje coloquial y simbólico; aplicación del concepto/ley para la resolución de un problema sencillo.

La tercera instancia, llamada de aplicación, busca potenciar el desarrollo de la habilidad de gestionar y hacer uso consistente y coherente de las ideas construidas como así también desarrollar habilidades inherentes a la resolución de problemas. Para ello, se involucran actividades que implican la transferencia de las “nuevas” concepciones en múltiples contextos y situaciones, planteadas siempre en términos de situaciones problemáticas que involucran escenarios o fenómenos conocidos y potencialmente significativos para los estudiantes.

Finalmente, la instancia de síntesis es un momento crucial para que docente y alumnos evalúen los aprendizajes propiciados por la enseñanza. Esto no implica que la evaluación se reduzca a una única instancia final. De hecho, se considera que cada una de las instancias anteriores otorgan datos a alumnos y docentes para poder regular los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Pero sí se concibe este momento final, como especialmente propicio para que los estudiantes sean conscientes no sólo de lo que han aprendido sino también de qué y cómo aprendieron. Esto es, ser conscientes de cuáles fueron los cambios en sus puntos de vista, en su manera de conocer y de cuáles son las características del saber construido. Se busca así favorecer que los estudiantes desarrollen actitudes críticas sobre el propio proceso de aprendizaje, (reconociéndose como los principales partícipes en él) y que adquieran la habilidad no sólo de analizar qué sino también cómo aprendieron, en un intento de reconocer y clarificar aquellas herramientas que podrán seguir usando para seguir aprendiendo.

En la PE que aquí se presenta, se agrega una instancia más llamada desafío. En esta instancia los alumnos trabajando en pequeños grupos y de manera cooperativa, se enfrentan a un problema (real, abierto y contextualizado) cuya resolución les demandará aplicar lo aprendido y aprender de forma autónoma, nuevos conocimientos (no necesariamente relacionados con lo conceptual sino más bien inherentes a habilidades como las argumentativas y comunicacionales). Esta instancia implementa una culminada la de síntesis, con el fin de integrar todos los contenidos abordados con PE.

¹ Los rediseños y el impacto para favorecer los aprendizajes deseados son objeto de estudio del trabajo doctoral que está realizando la primera autora de este trabajo.

² Atendiendo a lo prescripto en el diseño curricular oficial esta PE se implementa una vez abordados los ejes temáticos fuerzas eléctricas y magnéticas y corrientes y efecto.

Para alcanzar los objetivos que se persiguen en cada etapa se diseñaron diversas actividades que implicaron trabajos experimentales en laboratorios virtuales, búsquedas, análisis, interpretación y uso crítico de información; explicación de algún fenómeno natural o funcionamiento de algún dispositivo tecnológico; exposición y defensa de ideas al elaborar una argumentación, diseño y ejecución de trabajos experimentales, construcción de un concepto y ley poniendo en juego procedimientos y habilidades propios del quehacer científico. Pero el carácter distintivo de todas las tareas propuestas es que están centradas en los alumnos (en tanto se intenta que participen activamente en la construcción de los conceptos y leyes involucrados) y planteadas en términos de situaciones problemáticas.

IV. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EXPLORATORIO

Para caracterizar el conocimiento y el aprendizaje del grupo de estudiantes al que fue dirigida la PE se optó por un diseño pretest - postest y una metodología cualitativa, que implica analizar exhaustivamente las respuestas elaboradas por los estudiantes antes y después de implementada la PE, generar esquemas conceptuales (involucrando los conceptos y relaciones reconocidas por ellos) que representan el modelo explicativo y los modos de razonar implicados. Este análisis cualitativo se complementó con otro cuantitativo para evaluar la frecuencia con que los alumnos utilizaron los distintos modos de conocer detectados y caracterizar así el conocimiento del grupo en cada instancia de análisis. A fin de estudiar el aprendizaje propiciado se realizó un análisis interpretativo individual y general de sus respuestas de los alumnos buscando establecer en qué medida evoluciona su conocimiento inicial hacia un conocimiento más coherente con el propuesto por la ciencia. La comparación cuali y cuantitativa de los datos obtenidos antes y después de la enseñanza permitió establecer conclusiones acerca de cómo aprendieron estos estudiantes ante la propuesta de enseñanza implementada.

A. Sujetos

La PE se implementó en un curso de 6.º año de Educación Secundaria (17–18 años) conformado por 26 alumnos, de una escuela de gestión privada de la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires (Argentina). Dada las medias de adoptadas por el gobierno provincial ante la pandemia covid 19, la implementación de la PE fue en forma totalmente virtual, a través de la plataforma Classroom donde se compartieron materiales de aprendizaje (actividades y apuntes en formato digital, videos explicativos), se realizaron foros asincrónicos para motivar/indicar la realización de actividades, se generaron recursos “Tareas” para que los estudiantes compartieran sus producciones y se concretaron encuentros sincrónicos por Zoom. La PE se desarrolló en el primer trimestre del año 2021 e involucró un total de 8 clases de una hora. De los 26 estudiantes, 24 estuvieron presentes en la instancia de pre y postest. A los fines de la investigación realizada, se consideraron las producciones de dichos estudiantes.

B. Los instrumentos de recolección de datos

Para obtener datos que permitieran conocer cómo interpretan los alumnos el fenómeno de IE (y conceptos y leyes asociadas) se diseñó un cuestionario de preguntas que involucran situaciones problemáticas conocidas por ellos y consideradas potencialmente significativas. En el anexo se presentan estas actividades que se corresponden con las instancias didácticas de iniciación y síntesis. Las mismas fueron elaboradas usando el recurso Formulario de Google, el cual está dividido en secciones (una pregunta por sección) a las cuales no se puede retornar una vez contestada.

V. RESULTADOS

A partir del análisis de las ideas manifestadas por los estudiantes al elaborar sus respuestas en la instancia de pretest se halló que los estudiantes no reconocen el fenómeno de inducción electromagnética.

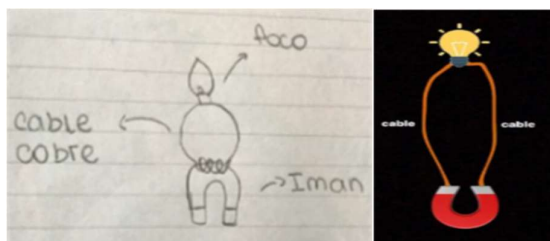


FIGURA 2. Ejemplos de dibujos realizados por los alumnos para representar sus ideas.

Así, al preguntarles si consideraban posible encender una lámpara haciendo uso de un imán y cables conductores, de los 24 alumnos, 23 contentaron que no explicando por ejemplo que: “no se puede encender la lámpara porque no tiene una fuente de energía”. Al encontrarse ante la afirmación de que sí sería posible lograr encender la lámpara usando dichos materiales la mayoría de los estudiantes (19 de 24) propusieron conectar el imán a la lámpara como lo muestra la figura 2 (el resto de los estudiantes no lograron una respuesta).

Es decir que, antes de la enseñanza, los estudiantes no reconocen el fenómeno de IE y en consecuencia tampoco saben cómo manipular el imán o la espira para lograr que se induzca en ella una corriente eléctrica. Ante la evidencia de dicho fenómeno, acuden a razonamientos reduccionistas basados en datos/hechos conocidos para intentar una explicación (asumiendo en este caso que el imán es una fuente de energía eléctrica).

Al analizar las respuestas dadas por los estudiantes luego de la enseñanza, se lograron identificar cuatro grupos de respuestas que permitieron definir las siguientes categorías:

- Categoría 1: agrupa las respuestas que denotan desconocimiento del fenómeno de IE.
- Categoría 2: agrupa las respuestas en las que se reconocen los elementos necesarios para generar una fem y se describen posibles procedimientos para lograrlo (por lo general se propone mover el imán en la cercanía de la espira). Es una explicación basada en hechos y datos y razonamientos reduccionistas. El esquema conceptual que representa esta idea se presenta en la figura 3.

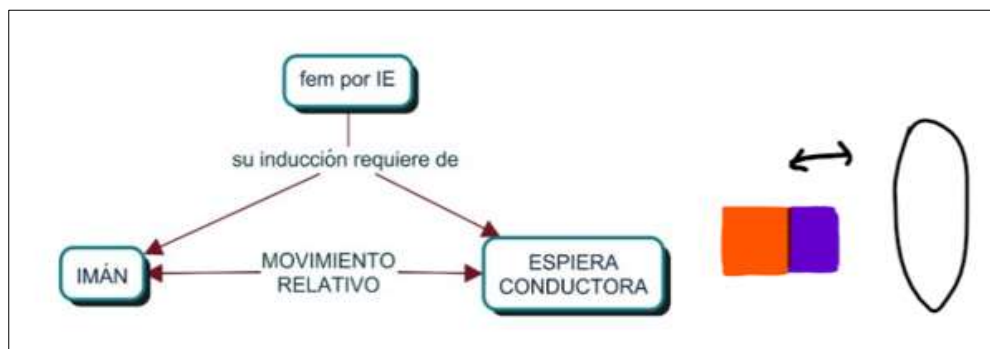


FIGURA 3. Representación categoría 2.

Así por ejemplo haciendo uso de estas ideas el alumno A5, ante la pregunta de si sería posible generar una fem al variar constantemente el área de la espira en la cercanía un imán responde: “no se va a poder generar una diferencia de potencial porque no existe algún tipo de movimiento por parte del imán.”

- Categoría 3: agrupa aquellas respuestas en las que se asumen que la fem se genera por la existencia de un flujo en la espira. Esta explicación involucra razonamientos más complejos dado que incorpora conceptos abstractos (como el de flujo de campo magnético) pero siguen siendo reduccionistas en tanto se basan en causalidades lineales simples. Así por ejemplo el alumno A6 ante la pregunta sobre cómo se podría aumentar la fem responde: “a mayor cantidad de líneas de campo magnético que atraviesan la espira, mayor será la Fem generada”. El esquema conceptual que representa esta idea se identifica en la figura 4.

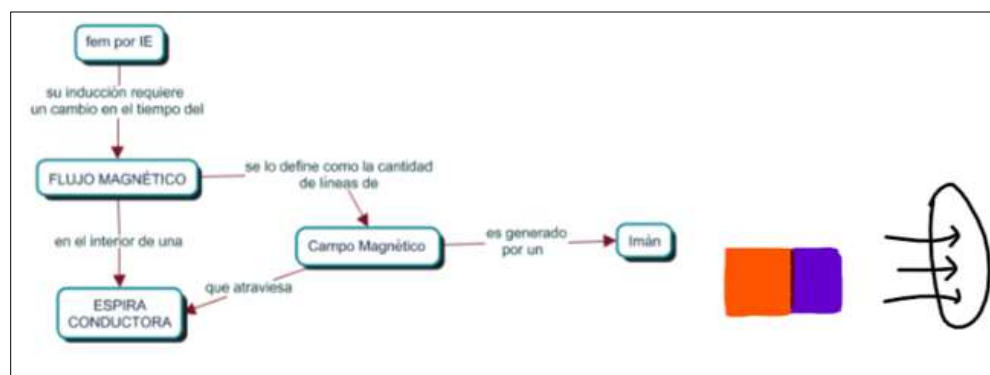


FIGURA 4. Representación categoría 3.

• Categoría 4: agrupa aquellas respuestas en las que se explica que la fem por IE se genera por una variación del flujo magnético en la espira conductora (el cual se puede producir variando el campo magnético, el área o la orientación espira/imán) y que su magnitud es proporcional a la rapidez con que el flujo cambia. Así, por ejemplo, el alumno A5 al explicar la generación de una fem por variación del área de la espira responde: “la diferencia de potencial, o fem, se da cuando ocurre un cambio en el flujo magnético. Este cambio se puede deber a la modificación del área de la espira cambiando su tamaño o forma”. El esquema conceptual que representa esta idea se identifica en la figura 5.

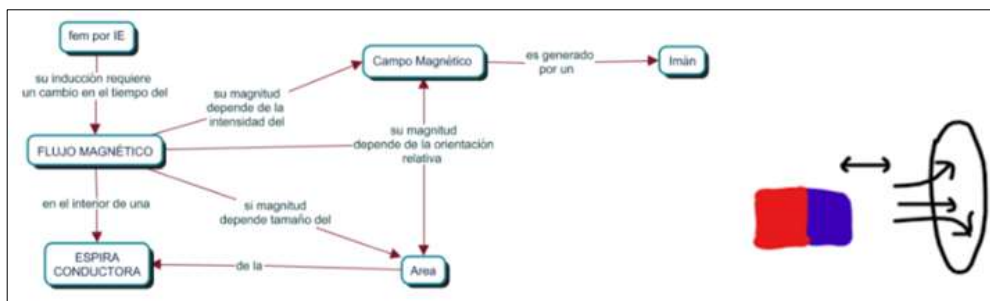


FIGURA 5. Representación categoría 4.

Esta explicación, que involucra a la comprensión y uso de la ley de Faraday y cuyo su uso demanda modos de razonar sistémicos y no reduccionistas, se corresponde con la idea de la ciencia escolar que se pretendía construyeran los alumnos como consecuencia de la enseñanza.

El cálculo de la frecuencia media con que estas categorías fueron usadas en la instancia postest, permitió caracterizar el conocimiento compartido por el grupo de estudiantes luego de la enseñanza. En tal sentido, se halla que los alumnos tienden a usar ideas coherentes con las de la ciencia para explicar el fenómeno de IE, en tanto usan con mayor frecuencia ($f=0.45$) las ideas involucradas en la categoría 4.

Al estudiar comparativamente el uso de estas categorías antes y después de la enseñanza se halla, tal como lo muestra el gráfico 1, que disminuye significativamente el uso de la categoría 1 (que denota desconocimiento del fenómeno de IE) y aumenta significativamente el uso de las categorías 3 y 4 (que involucran ideas más cercanas a la de la ciencia escolar).

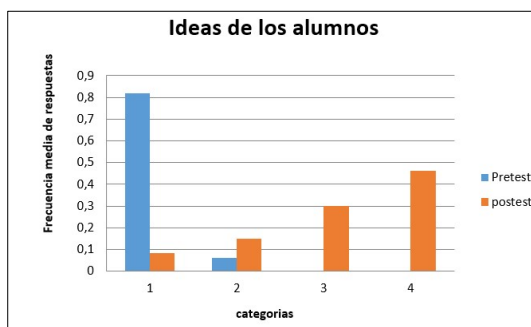


GRÁFICO 1. Uso de categorías en las instancias pretest y postest.

VI. CONCLUSION

Los resultados hallados permiten concluir que los estudiantes de educación secundaria, antes de la enseñanza formal del tema, por lo general, no reconocen el fenómeno de IE y, ante la evidencia experimental, acuden a razonamientos reduccionistas basados en datos/hechos conocidos, para intentar una explicación (características estas de un saber intuitivo).

Después de la PE, se observa que los estudiantes tienden a explicar este fenómeno en términos de ideas coherentes con las de la ciencia y haciendo uso de modos de razonar plurivariados, sistémicos y no reduccionistas. Al hacerlo reconocen todos los elementos necesarios para que se produzca una fem por IE (fuente de campo magnético, espira conductora en donde se establezca un flujo) y los procesos e interacciones que deben darse (variar el campo magnético, el área de la espira o la orientación espira – fuente de campo para que varíe el flujo en el interior de la espira).

Se interpreta a estos cambios como una evidencia de que la mayoría de los estudiantes ha logrado construir un conocimiento acorde o cercano al que se pretendía aprendieran en este nivel educativo.

Respecto a los saberes cercanos a la ciencia escolar, cabe destacar que la categoría III es utilizada con una frecuencia no despreciable. La idea involucrada en esta categoría conlleva a asumir que el fenómeno de IE se lleva a cabo por la mera existencia de un flujo magnético atravesando la espira y estaría basada en un modo de razonar reduccionista sustentado en causalidades lineales múltiples: el imán genera un campo; las líneas de campo que atraviesan una espira un flujo; el flujo genera una fem. Estos resultados, que son concordantes con los hallados por otros autores tanto en nivel secundario (Loftus, 1996) como universitario (Guisasola, Almudí y Zuza, 2010), darían cuenta de que el aprendizaje es paulatino y que en su andar los alumnos construyen modos de conocer “intermedios” coherentes con los de la ciencia, pero incompletos (Bravo, 2008). Reconocerlos al momento de diagramar la enseñanza permitiría plantear instancias concretas para ayudar a los estudiantes a usar ese saber cómo “escalón” para la construcción de otros saberes aún más complejos y cada vez más coherentes con los de la ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación que financia el PICT "Desarrollo Iterativo de propuestas didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de la física" en cuyo marco se lleva a cabo la investigación presentada. También a la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA y a estudiantes, docentes y directivos del Colegio Nuevas Lenguas en cuyas aulas se implementa la PE diseñada. Un agradecimiento especial a nuestras compañeras del proyecto de extensión universitaria IpACT por sus valiosos aportes a este trabajo.

REFERENCIAS

Almudí García, J., Ceberio Garate, M., Zubimendi Herranz, J. (2013). Análisis de los argumentos elaborados por los estudiantes de cursos introductorios de física universitaria ante situaciones problemáticas pertenecientes al ámbito de la inducción electromagnética. Memorias del *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, del 9 al 12 de septiembre de 2013, Girona.

Almudí, J., Zuza, K., Guisasola, J. (2016). Aprendizaje de la teoría de inducción electromagnética en cursos universitarios de física general. Una enseñanza por resolución guiada de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 7-24.

Braunmüller, Bravo y Juárez (2019) La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética (IE) en el ciclo básico de carreras de Ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(Extra), 97–105.

Bravo B. (2008). La enseñanza y el aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria. Universidad Autónoma de Madrid. España. Sitio consultado en agosto de 2021.
Disponibile en: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1973/5029_bravo_bettina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bravo, B, Bouciguez, MJ y Braunmüller, M (2019). Una propuesta didáctica diseñada para favorecer el aprendizaje de la Inducción Electromagnética básica y el desarrollo de competencias digitales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 3-14.

Catalán, L., Caballero Sahelices, C., y Moreira, M. A. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la Inducción electromagnética. Un estudio de caso. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(1), 126-142.

Chi, M., Roscoe, R., Slotta, J., Roy, M., y Chase, C. (2012). Misconceived Casual Explanations for Emergent Processes. *Cognitive Science*, 36(1), 1-61. Disponible en: <https://education.asu.edu/chi-m-t-h-roscoe-r-slotta-j-roy-m-chase-m-2012-misconceived-causal-explanations-emergent-processes-0> Sitio consultado en Julio de 2021.

Diseños Curriculares de Ciencias Naturales, Físicoquímica, Física y Química para la Escuela Secundaria de la provincia de Buenos Aires (2017). Disponible en: <http://www.abc.gov.ar/>

Guisasola, J., Almudí, J. M., y Zuza, K. (2008). Explicaciones de los estudiantes de primer curso de ingeniería sobre los fenómenos de inducción electromagnética. *Revista de Enseñanza de la Física*, 21(2), 33-47.

- Guisasola, J., Almudí, J.M., y Zuza, K. (2010). Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(1), 1401-1/1041-9.
- Inorreta, Y., Braunmüller, M. y Bravo, B (2019). La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética en educación secundaria. *Cuarto Simposio Virtual de Enseñanza de las Ciencias, realizado en el marco de las actividades del Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires*. Diciembre de 2019
- Loftus, M. (1996) Studentes' ideas about electromagnetism. *Revisión de ciencias escolares*. 77, 93-94.
- Naizaque Aponte, N. (2013). Diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la inducción electro- magnética. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/39628/1/1186696.2013.pdf> Sitio consultado en julio de 2021.
- Pozo, J. (2016). *Aprender en tiempos revueltos*. Madrid: Alianza Editorial. España
- Pozo, J.I. (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (22).
- Salinas de Sandoval, J. y Sandoval, J. (1996). Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. *Revista Enseñanza de Física*, 10(2), 32-34.
- Vosniadou, S. (2012). Reframing the Classical Approach to Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. *Second International Handbook of Science Education*, 1, 119-130.
- Zuza, K., Almudí, J. M., y Guisasola, J. (2012). Revisión de la investigación acerca de las ideas de los estudiantes sobre la interpretación de los fenómenos de Inducción electromagnética. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 175-196.

ANEXOS

A. PRETEST: INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1. a) Imagina que en una clase de Física el profesor te entrega una pila, cable de cobre y una lámpara y te pide que logres encenderla. ¿Consideras que con estos materiales podrías lograr que la lámpara se encienda? b) De ser afirmativa tu respuesta, propone cómo los conectarías para cumplir con el pedido y representa tu respuesta con un dibujo. c) Explica la función que cumple cada elemento para hacer posible que la lámpara se encienda.

2. En otro momento de la clase, tu profesor te entrega un circuito (como el representado en la figura), el cual está formado por alambres de cobre y una lámpara. Y te pregunta lo siguiente: “¿Puede encenderse la lámpara sin utilizar una pila, batería o la red eléctrica?” Si crees que NO, explica por qué y si crees que SÍ, indica qué elementos necesitarías y explica qué harías para lograr que se encienda.



3. Manipulado esos materiales un compañero logra encender la lámpara y te desafío a lograrlo vos también. Propone qué harías para lograr encender la lámpara con los materiales dados. Acompaña tu respuesta con un dibujo. Explica la función que cumple cada uno de los elementos para hacer posible que la lámpara se encienda.

4. a) EL generador eléctrico es una de las aplicaciones más importantes del fenómeno de Inducción electromagnética. En <https://youtu.be/6O7sgJpeSPE> puedes ver un generador casero y en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/faraday> puedes simular su funcionamiento. En base a tus ideas ¿podrías explicar cómo se genera la corriente eléctrica necesaria para que se encienda la lámpara? b). Si se cambiara la lámpara del experimento por otra que requiere mayor energía eléctrica para brillar, ¿Qué modificaciones le harías al experimento a fin de lograr que esta lámpara se encienda? Justifica tu respuesta.

B. POSTEST

Dadas las siguientes afirmaciones decide si son VERDADERAS o FALSAS y JUSTIFICA tu decisión.

- 1) Para generar una diferencia de potencial en una espira conductora (circuito cerrado) se puede mover un imán en su cercanía (por ejemplo: alejarlo o acercarlo de manera continua o sin interrupciones)
- 2) Para generar una diferencia de potencial en una espira conductora (circuito cerrado) puede colocar un imán en cercanía y variar continuamente el área de la espira (cambiando su tamaño o forma, por ejemplo)
- 3) Para generar una diferencia de potencial en una espira conductora (circuito cerrado) se puede colocar un imán en su interior.
- 4) Un dinamo de bicicleta consiste en un mini generador (conformado por un imán y una espira conductora) que se usa para encender una pequeña lámpara. Cuando el ciclista pedalea hace girar el imán. Para encender una lámpara de 12 V el ciclista deberá pedalar más lento que para encender una de 10 V.
- 5) Cuanto más rápido gire el imán (o la espira) en una central eléctrica mayor será la diferencia de potencial que se genere por inducción electromagnética
- 6) Un flujo magnético cambiando rápidamente en el tiempo en el interior de una espira conductora genera en ella una diferencia de potencial mayor que si el mismo flujo cambia lentamente.
- 7) Para monitorear la respiración de un paciente en el hospital, se coloca al paciente en una cabida donde se establece un campo magnético de 0,000006 T y se le envuelve alrededor de su pecho una espira conductora de 200 vueltas. Se mide entonces la diferencia de potencial generada cuando el paciente inhala y exhala. Si la magnitud de la diferencia de potencial que se induce en la espira conductora es de 0,000002 V entonces el paciente cambia el tamaño de su caja torácica (a inhalar y exhalar) a razón de 0,01 m²/s.
- 8) Un electricista aficionado construyó una linterna que funciona por inducción electromagnética, usando un imán y una bobina de 0,01 m² y 1000 vueltas de alambre. Moviendo el imán logró que el campo en el interior de la bobina variara a razón de 1 T/s y logró así encender la lámpara de 10 V.