



## Evolución de los Modos de Conocer en la Enseñanza de la Inducción Electromagnética: Una Propuesta Basada en la Metodología IDAS

## Evolução dos Modos de Saber no Ensino da Indução Eletromagnética: Uma Proposta Baseada na Metodologia IDAS

## Evolution of Ways of Knowing in the Teaching of Electromagnetic Induction: A Proposal Based on the IDAS Methodology

Yésica Inorreta<sup>1</sup>

Bettina Bravo<sup>2</sup>

Silvia de Valle Bravo<sup>3</sup>

Marta Pesa<sup>4</sup>

**Resumen:** Esta investigación aborda las dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la inducción electromagnética en el nivel secundario, un tema clave para la alfabetización científico-tecnológica. Desde un enfoque basado en diseño, se desarrolló e implementó una propuesta de enseñanza fundamentada en la metodología IDAS (Iniciación, Desarrollo, Aplicación y Síntesis). La intervención incluyó actividades prácticas, modelado científico y reflexión, orientadas a promover una comprensión progresiva del fenómeno. Los resultados evidenciaron que, tras la enseñanza, los estudiantes evolucionaron desde explicaciones intuitivas y reduccionistas hacia modelos coherentes con los principios científicos, logrando aplicar conceptos como el flujo magnético y la ley de Faraday en problemas reales. Este trabajo no solo contribuye a superar las dificultades identificadas, sino que también refuerza el papel de metodologías activas y del docente como facilitador en el aprendizaje. Los hallazgos respaldan la efectividad de la propuesta en la enseñanza de la IE y ofrecen aportes significativos para la educación secundaria en contextos similares.

**Palabras clave:** Inducción electromagnética. Educación secundaria. Metodología IDAS. Aprendizaje activo. Investigación basada en diseño.

---

<sup>1</sup> Dra. en Enseñanza de la Ciencias mención física, de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Facultad de Ingeniería. UNCPBA. <https://orcid.org/0000-0003-3609-0899>. Correo electrónico: [yesica.inorreta@fio.unicen.edu.ar](mailto:yesica.inorreta@fio.unicen.edu.ar)

<sup>2</sup> Dra. en Educación Científica por la Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-3941-0547>. Correo electrónico: [bbravo@fio.unicen.edu.ar](mailto:bbravo@fio.unicen.edu.ar)

<sup>3</sup> Dra. en Enseñanza de la Ciencias mención Física, de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán. <https://orcid.org/0000-0003-2494-4105>. Correo electrónico: [silviabravo1207@gmail.com](mailto:silviabravo1207@gmail.com)

<sup>4</sup> Dra. en Física. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina. <https://orcid.org/0009-0003-8713-2638>. Correo electrónico: [mpesa@herrera.unt.edu.ar](mailto:mpesa@herrera.unt.edu.ar)



**Resumo:** Esta investigação aborda as dificuldades de ensino e aprendizagem da indução eletromagnética no nível secundário, questão fundamental para a alfabetização científico-tecnológica. A partir de uma abordagem baseada em design, foi desenvolvida e implementada uma proposta de ensino baseada na metodologia IDAS (Iniciação, Desenvolvimento, Aplicação e Síntese). A intervenção incluiu atividades práticas, modelação científica e reflexão, visando promover uma compreensão progressiva do fenómeno. Os resultados mostraram que, após o ensino, os alunos evoluíram de explicações intuitivas e reducionistas para modelos condizentes com os princípios científicos, conseguindo aplicar conceitos como fluxo magnético e lei de Faraday em problemas reais. Este trabalho não só contribui para a superação das dificuldades identificadas, mas também reforça o papel das metodologias ativas e do professor como facilitador na aprendizagem. Os resultados apoiam a eficácia da proposta no ensino da IE e oferecem contribuições significativas para o ensino secundário em contextos semelhantes.

**Palavras-chave:** Indução eletromagnética. Ensino secundário. Metodologia IDAS. Aprendizagem ativa. Pesquisa baseada em design.

**Abstract:** This research addresses the difficulties in teaching and learning electromagnetic induction at the secondary level, a key issue for scientific-technological literacy. From a design-based approach, a teaching proposal based on the IDAS (Initiation, Development, Application and Synthesis) methodology was developed and implemented. The intervention included practical activities, scientific modeling and reflection, aimed at promoting a progressive understanding of the phenomenon. The results showed that, after teaching, the students evolved from intuitive and reductionist explanations towards models consistent with scientific principles, managing to apply concepts such as magnetic flux and Faraday's law in real problems. This work not only contributes to overcoming the difficulties identified, but also reinforces the role of active methodologies and the teacher as a facilitator in learning. The findings support the effectiveness of the proposal in teaching EI and offer significant contributions for secondary education in similar contexts.

**Keywords:** Electromagnetic induction. Secondary education. IDAS methodology. Active learning. Design-based research.

**Submetido 10/03/2025**

**Aceito 22/08/2025**

**Publicado 02/09/2025**



## Introducción

Sin duda alguna nuestra sociedad se caracteriza por los grandes y vertiginosos desarrollos en ciencia y tecnología, los cuales moldean la vida cotidiana y el entorno laboral de los ciudadanos. Por ello, resulta fundamental garantizar, desde los primeros niveles de la educación formal, la alfabetización científico-tecnológica de los estudiantes. Según Bravo, Pesa y Braunmüller (2022), una persona científicamente alfabetizada debe ser capaz de “interpretar y comprender el significado de los conceptos, enunciados de leyes y postulados de las teorías y usarlos con coherencia para resolver problemas significativos”.

El estudio de los fenómenos de IE (inducción electromagnética) constituye una temática que favorecería dicha alfabetización en tanto su comprensión demanda el aprendizaje de principios fundamentales de la física, como la interacción entre electricidad y magnetismo, y permite entender el funcionamiento de tecnologías cotidianas tales como motores, generadores y sistemas de carga inalámbrica (Almudí, Zuza y Guisasola, 2016).

Este enfoque coincide con el currículo oficial de nivel secundario de la provincia de Buenos Aires (Argentina), donde se incluyen conceptos y leyes asociadas a la IE, destacando su relevancia tanto para la formación universitaria como para el desarrollo de competencias de alfabetización científico-tecnológica.

A pesar de la relevancia del estudio del fenómeno de la IE, diversas investigaciones han evidenciado que su aprendizaje supone múltiples desafíos para los estudiantes. Estas dificultades, junto con los esfuerzos por comprenderlas y abordarlas, constituyen el punto de partida de la investigación que aquí se presenta.

En este trabajo, se aborda el aprendizaje de la IE en el nivel secundario desde un enfoque que responde a las demandas actuales de formación científica. Estas incluyen la alfabetización científico-tecnológica y la capacidad de aplicar conocimientos en contextos reales. A través de la metodología didáctica IDAS (Iniciación, Desarrollo, Aplicación y Síntesis), se busca promover un aprendizaje activo y profundo, integrando actividades prácticas y modelado científico que faciliten la comprensión de conceptos como el flujo magnético y la Ley de Faraday. De esta forma, el presente trabajo no solo examina las dificultades inherentes al aprendizaje de la IE, sino que también propone estrategias concretas para superarlas, articulando teoría y práctica en un marco de investigación educativa.

Una exhaustiva revisión bibliográfica realizada por Zuza, Almudí y Guisasola (2012) revela que los estudiantes de nivel universitario encuentran dificultades en la identificación del fenómeno de IE y en la comprensión de los conceptos y leyes asociadas. Entre los principales problemas se destacan:

- Dificultad para reconocer la IE en ejemplos cotidianos: los estudiantes suelen tener problemas para identificar situaciones de la vida real en las que la IE juega un papel crucial, como en el funcionamiento de dispositivos eléctricos.
- Dificultad para explicar experimentos con IE: a pesar de realizar actividades prácticas, algunos estudiantes no logran explicar el fenómeno con una base conceptual clara, lo que apunta a un aprendizaje superficial más que comprensivo.
- Confusión entre flujo magnético y campo magnético: los estudiantes tienden a interpretar el flujo magnético como una “sustancia” física que fluye, en lugar de comprenderlo como una medida del campo magnético atravesando una superficie, lo cual requiere reconocer la interacción entre varias variables.
- Limitación en el uso de modelos interpretativos: los estudiantes tienden a memorizar fórmulas sin comprender los conceptos que las fundamentan, lo cual limita su capacidad para aplicarlas en situaciones nuevas.

Si bien existen evidencias sobre problemáticas asociadas a la enseñanza y aprendizaje del fenómeno en la educación universitaria, son escasos los trabajos que investigan los procesos de enseñanza y de aprendizaje que se dan en el aula del nivel secundario<sup>5</sup>. Entre éstos, se encuentra el llevado a cabo por Naizaque Aponte (2013) donde se aborda la enseñanza a través de estrategias didácticas centradas en la resolución de problemas y el uso de actividades experimentales. El reporte indica que inicialmente los estudiantes tenían un conocimiento limitado o nulo sobre la IE y carecían de nociones previas relacionadas con los conceptos fundamentales de electricidad y magnetismo. Después de la implementación de la propuesta se

---

<sup>5</sup> Se realizó una indagación bibliográfica (al 1/11/2023) en el buscador Google Académico, en la Base Eric, directorios web de revistas científicas (Latinindex, Dialnet, DOAJ, REDALYC y Scielo) y en revistas especializadas en enseñanza de las ciencias (Enseñanza de las Ciencias, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias EUREKA, Revista International Journal of Science Education, Revista de Enseñanza de la Física, Revista Electrónica en educación en ciencia). Se usaron como palabras claves para la búsqueda: “inducción electromagnética”, “ley de Faraday” “enseñanza” y “aprendizaje” y se acotó la búsqueda al período 2012 – 2023 (tomando como cota inferior la revisión realizada por Zuza et al., 2012).

observó que la mayoría logró explicar el fenómeno. Como obstáculo, se reconoce la complejidad que representa para los estudiantes aplicar los conceptos y leyes abordados para explicar el funcionamiento de dispositivos tecnológicos y/o fenómenos cotidianos.

Esta situación, que pone de manifiesto las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la IE tanto en el ámbito universitario como en el nivel secundario, evidencia la necesidad de desarrollar estrategias didácticas que aborden y que permitan dar respuesta a estas problemáticas de manera efectiva. En respuesta a estas demandas, el presente trabajo propone una estrategia de enseñanza fundamentada en la metodología didáctica IDAS. En este marco, surgen los problemas que orientan la investigación:

P1. ¿Cómo interpretan y explican los estudiantes de nivel secundario el fenómeno de IE, previo a la enseñanza formal del tema?

P2. ¿Qué cambios y/o desarrollos en sus modos de conocer son necesarios favorecer para una comprensión científica del fenómeno?

P3. ¿Cómo se desarrollan o evolucionan dichos modos de conocer cuando se implementa en el aula una propuesta de enseñanza especialmente diseñada en la investigación?

Las preguntas de investigación se enmarcan en una perspectiva constructivista, que considera el aprendizaje como un proceso activo en el que los estudiantes construyen conocimientos a partir de sus experiencias previas y nuevas interacciones con el entorno educativo. Este enfoque permite analizar cómo evolucionan sus modos de conocer y razonar en función de las intervenciones didácticas propuestas.

## **Marco teórico**

### **Sobre el aprendizaje de la IE**

La complejidad que implicaría aprender acerca de la IE se debería a que, tal como se adelantó, los estudiantes suelen desconocer el fenómeno al llegar al aula. Identificar y describir dicho fenómeno implica, en principio, el reconocimiento de ciertos hechos o datos científicos, como, por ejemplo: moviendo “convenientemente” una fuente de campo magnético (como un imán) en la cercanía de un circuito cerrado se puede generar corriente eléctrica en él. Un primer paso crucial en el aprendizaje involucra entonces, el aprendizaje de hechos/datos relacionados con los elementos (fuente de campo magnético/circuito conductor) y procesos (en principio,

movimiento relativo de la fuente de campo y el circuito conductor) que resultan necesarios para que éste ocurra (tal como lo hizo Faraday, salvando todas las distancias).

Según Pozo y Gómez Crespo (1998) aprender estos hechos o datos implicaría, en general, una demanda cognitiva de bajo nivel para quien aprende, en tanto admiten un aprendizaje más bien literal, de modo reproductivo, *sin necesidad* de comprensión. A su vez, los mismos autores destacan que la tendencia a explicar los fenómenos en función de hechos o datos (sin intentar ir “más allá de ellos” buscando causas o explicaciones) es una de las características del modo de conocer intuitivo, modo de conocer que surge como producto de un aprendizaje implícito, que se produce sin conciencia, intención o esfuerzo, por simple percepción de las regularidades que hay en nuestro entorno, pero que resulta de gran pragmatismo para interpretar y vivir en el mundo que nos rodea (Pozo, 2016). Aprender hechos o datos asociados a la IE admitiría el uso de algunos procedimientos que los seres humanos “estamos acostumbrados a aplicar” al construir conocimientos en nuestra vida diaria, lo que no demandaría gran esfuerzo cognitivo aplicarlo en el aula con el objetivo de aprender hechos/datos que propone la ciencia.

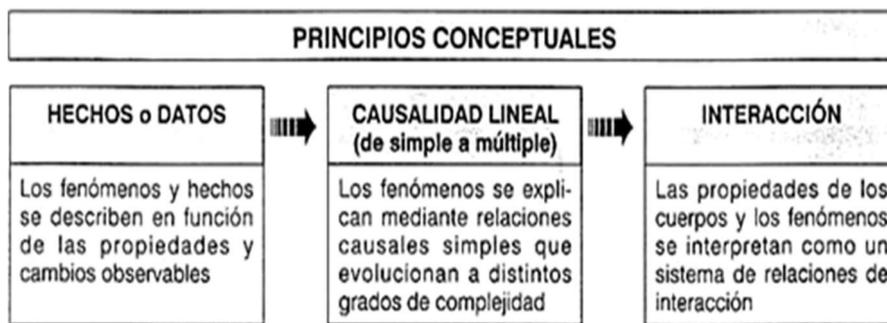
Por otra parte, el aprendizaje basado en la experiencia, particularmente en el caso de la IE, permite a los estudiantes identificar hechos y datos mediante la observación experimental. Según Hogarth (2002), las experiencias propias son una fuente clave de aprendizaje, ya que a través de ellas construimos conocimientos, relaciones entre variables y procedimientos. Este proceso se fundamenta en datos sensoriales y cambios corporales al interactuar con el entorno (Pozo, 2001), reduciendo la complejidad del aprendizaje asociado.

En la vida cotidiana, al enfrentar eventos nuevos o inesperados, buscamos causas para predecir y controlar dichos hechos, simplificando la información al enfocarnos en propiedades o cambios observables (Chi et al., 2012). Sin embargo, este enfoque puede llevar a estrategias limitadas y resistentes al cambio, impidiendo aprendizajes más efectivos (Hogarth, 2002). Esto explica por qué los estudiantes, al abordar por primera vez la IE, suelen realizar observaciones o hipótesis reduccionistas, como considerar únicamente al imán como elemento esencial para el fenómeno, asignándole funciones basadas en conocimientos previos, como el comportamiento de una fuente de energía eléctrica.

Pozo y Gómez Crespo (1998) describen las características del saber intuitivo en términos, justamente, de principios conceptuales de hechos o datos y/o causalidad lineal (figura

1), y advierten que estos principios no suelen coincidir con los que subyacen a la construcción del conocimiento científico (interacción) y que pueden convertirse en obstáculos al momento de aprender más allá de hechos o datos científicos. En tal sentido, en el contexto científico, la interacción se refiere a la influencia mutua entre diferentes componentes o partes de un sistema. Al considerar los fenómenos como sistemas de relaciones de interacción, los científicos buscan comprender cómo las partes de un sistema se afectan entre sí y cómo esas interacciones contribuyen al comportamiento general del sistema.

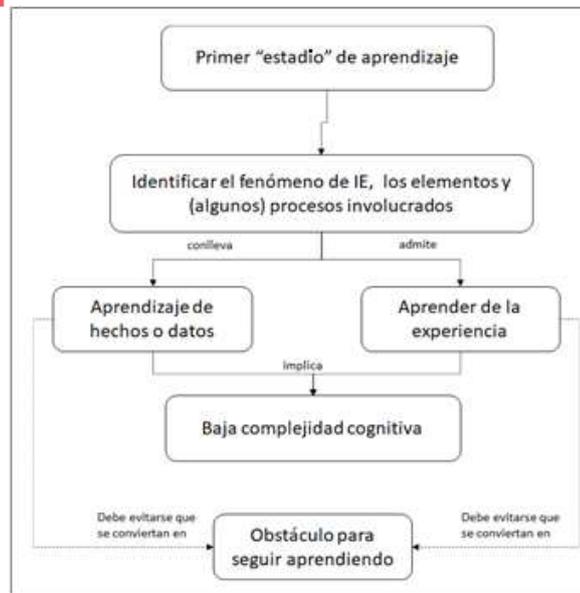
Figura 1. Principios conceptuales.



Fuente: Pozo y Gómez Crespo (1998)

Sería deseable entonces, que se propicie el uso en el aula de modos de aprender que los estudiantes suelen usar en sus vidas cotidianas (por ejemplo, ofrecer la experimentación como medio para aprender hechos/datos que se consideran relevantes) para favorecer un “primer nivel de aprendizaje” que implique el reconocimiento del fenómeno de IE, de los elementos involucrados y de algunos procesos que deben suceder para que se lleve a cabo. Pero el docente debería ser consciente de las ventajas y desventajas que tiene este modo de aprender de la experiencia, basado principalmente en hechos o datos aportados por los sentidos, para evitar que se convierta en un obstáculo para construir otros conocimientos más abstractos que proponen las ciencias. En la figura 2 se sintetiza lo analizado hasta aquí, en referencia a los primeros estadios del aprendizaje.

Figura 2. Primer estadio de aprendizaje.



Fuente: Inorreta (2024)

Dado que el aprendizaje inicial de la IE suele limitarse a la identificación de hechos o datos concretos, se hace evidente la necesidad de superar esta visión reduccionista. Este fenómeno, como otros conceptos científicos, requiere no sólo su reconocimiento, sino también la interpretación de sus causas y consecuencias dentro de un marco significativo. Asumiendo que debemos enmarcar a la educación científica dentro de una sociedad caracterizada por el exceso de información, la mera transmisión/aprendizaje de hechos/datos no puede ser el único y/o último objetivo de la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular. En su lugar, la educación científica debe enfocarse en dotar de significado al entorno que nos rodea, promoviendo la comprensión de conceptos/leyes/modelos que los sujetos puedan convertir en herramientas útiles para resolver problemas.

En el contexto del fenómeno de IE, esto implicaría favorecer no sólo su reconocimiento sino también la interpretación de las causas que lo provocan. Esto conlleva la comprensión de conceptos (como campo y flujo magnético) que permitan, en principio, dotar de significado a los hechos/datos antes mencionados y explicar por qué se producen y qué consecuencias tienen. Coincidiendo con Pozo (2016), el aprendizaje por comprensión es más eficaz que un aprendizaje netamente memorístico y reproductivo, ya que produce resultados más duraderos y transferibles, pero también es más complejo y difícil de lograr. Requiere por parte de quien aprende una actividad cognitiva más exigente: relacionar la nueva información con

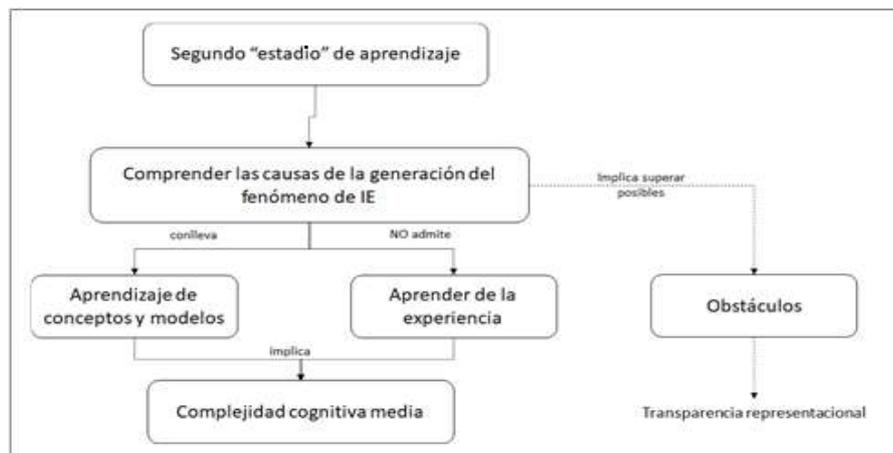
conocimientos previos, traducirla a las propias palabras, buscar la relación entre las partes que componen esa información, buscar su relación o aplicación con otros conceptos, aprender a aplicarlo con consistencia y coherencia argumentativa.

A su vez, interpretar las causas que provocan el fenómeno de IE implica activar razonamientos plurivariados y no reduccionistas, que permitan, en principio, reconocer que la mera existencia de un flujo magnético no es suficiente para que se produzca el fenómeno, sino que este flujo debe variar en el interior del circuito. Estos modos de razonar no son los que solemos usar los seres humanos al enfrentarnos a un fenómeno novedoso o un problema. En su lugar tendemos a simplificar sin criterio la situación suponiendo a priori y sin control que la respuesta depende de una sola variable (razonamiento mono conceptual), asumiendo que se establecen sucesiones lineales de relaciones “causa y efecto” (principio conceptual de causalidad lineal) sin considerar efectos mutuos entre distintos elementos presentes en la situación y reduciendo el análisis a cambios locales o a deducciones directas (razonamiento no sistemático), atendiendo más a las propiedades que a las funciones de los elementos en juego en la situación analizada (razonamiento reduccionista) (Salinas y Sandoval, 1996; Pesa y Cudmani, 1998; Bravo, Pesa y Braunmüller, 2022).

La enseñanza, entonces, debería incorporar estrategias que permitan a los estudiantes ser conscientes de la necesidad de ir más allá de los sentidos al momento de aprender ciencias, como así también favorecer la activación/desarrollo de modos de razonar, cada vez más complejos y cercanos a los de las ciencias.

Este “segundo estadio de aprendizaje” se describe en la figura 3.

Figura 3. Segundo estadio de aprendizaje.

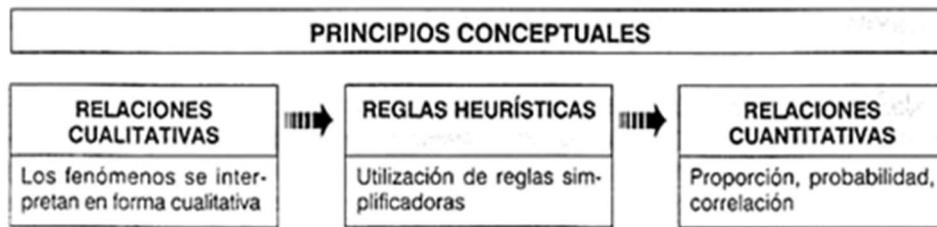


Fuente: Inorreta (2024).

Otra característica de las teorías científicas es que, muchas veces, las relaciones entre las variables involucradas quedan expresadas a partir de relaciones cuantitativas. En el caso de la IE este hecho queda rápidamente en evidencia al analizar la ley de Faraday que demanda la identificación de diversas variables (como el área de la espira donde se establece la corriente eléctrica, la intensidad, dirección y sentido del campo magnético, la orientación relativa espira/fuente de campo magnético) cuyos valores pueden cambiar en el espacio y en el tiempo. Además, involucra una serie de procesos (como la generación de un campo magnético, el establecimiento y variación de un flujo magnético, la inducción de una fem, el establecimiento de una corriente) que demandan no sólo relaciones cualitativas sino también cuantitativas (como tasas de cambio, relaciones de proporcionalidad).

Desde el saber intuitivo, en tanto, en el caso de reconocer más de una variable asociada al fenómeno en estudio, tendemos a establecer relaciones de causalidad lineal, de índole cualitativas, siendo escasamente capaces de cuantificar. En términos de Pozo y Gómez Crespo (1998), éste último aspecto se refleja en la diferencia de los principios conceptuales “relaciones cualitativas” vs “relaciones cuantitativas” descritos en la figura 4.

Figura 4. Principios conceptuales



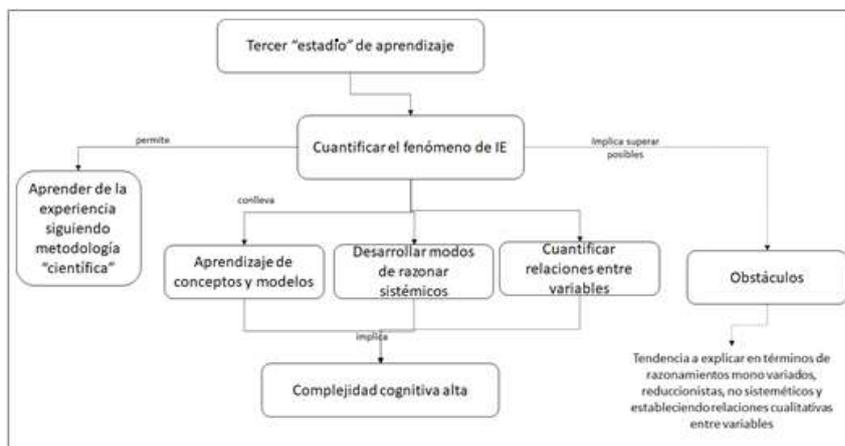
Fuente: Pozo y Gómez Crespo (1998).

Aprender a razonar de forma sistémica, estableciendo relaciones cuantitativas entre las variables, será otro desafío al aprender sobre IE. La enseñanza, entonces, debería incorporar estrategias que permitan a los estudiantes reconocer la naturaleza plurivariada del fenómeno, reconocer las variables de las que depende, identificar y modelar las relaciones que se establecen entre ellas, favoreciendo así el desarrollo de modos de conocer cada vez más complejos que permitan comprender, en este caso, la ley de Faraday.

Proponer el seguimiento de una metodología coherente con la científica al momento de abordar la ley (identificación experimental de variables, recolección de datos que permitan identificar relaciones entre variables, modelado de los datos experimentales) podría favorecer su comprensión como así también el desarrollo de modos de aprender y razonar coherentes con los de la ciencia, lo que facilitaría el aprendizaje de otros constructos teóricos a los que el estudiante se enfrente.

Las características de este “tercer estadio de aprendizaje” se describen en la figura 5.

Figura 5. Tercer estadio de aprendizaje



Fuente: Inorreta (2024).

## Sobre la enseñanza de la IE

Para favorecer un aprendizaje como el descrito anteriormente, se opta por organizar la enseñanza siguiendo la secuencia IDAS (Iniciación, Desarrollo, Aplicación y Síntesis) (Bravo, Pesa y Braunmüller, 2022). Esta metodología fomenta la participación activa de los estudiantes, guiándolos desde la motivación inicial y el reconocimiento de sus conocimientos previos, hasta la comprensión profunda de conceptos científicos. Las etapas que la componen persiguen objetivos específicos, a saber:

- **Etapas de iniciación:** busca que los estudiantes expresen sus ideas iniciales, permitiéndoles identificar sus conocimientos previos. Esta perspectiva proporciona un punto de partida personal para el aprendizaje y ayuda al docente a planificar acciones pedagógicas adecuadas.
- **Etapas de desarrollo:** tiene como objetivo que los estudiantes exploren y experimenten con el fenómeno, construyendo significado a partir de la observación, la experimentación y el modelado científico. Este enfoque fomenta un aprendizaje activo y cooperativo, donde el docente guía el proceso, asegurándose de que los estudiantes comprendan tanto los conceptos como las leyes que fundamentan la IE.
- **Etapas de aplicación:** busca que los estudiantes apliquen sus conocimientos en problemas contextualizados, lo que fortalece su comprensión y habilidad para resolver problemas reales. Esta fase permite que utilicen los conceptos de IE en situaciones prácticas, acercando el conocimiento a su vida cotidiana y reforzando el aprendizaje de una manera significativa y transferible.
- **Etapas de síntesis:** en esta instancia, se busca que los estudiantes reflexionen sobre su proceso de aprendizaje y consoliden los conocimientos adquiridos, logrando una visión integrada del fenómeno de IE y fortaleciendo su capacidad metacognitiva. Esta autorreflexión les ayuda a reconocer sus propios avances y los prepara para enfrentar nuevos desafíos de aprendizaje.

En el marco de esta propuesta, el docente juega un papel clave en el proceso, actuando como facilitador que guía a los estudiantes en el análisis de sus ideas, la construcción de conceptos y la resolución de problemas. Su rol incluye motivar, orientar, proponer actividades experimentales y promover la reflexión crítica. Asimismo, debe fomentar la autoconciencia en

el estudiante, apoyándolo en la autorregulación de su aprendizaje y en la evaluación metacognitiva de su progreso, lo cual es fundamental para el aprendizaje profundo de la IE.

## Objetivos

Asociados a los problemas planteados con antelación y al marco teórico esbozado, se proponen los siguientes objetivos:

O.1 Diseñar e implementar una propuesta de enseñanza basada en la metodología IDAS (cuyas características se explican más adelante) que fomente el aprendizaje de los conceptos y leyes relacionados con la IE en educación secundaria.

O.2 Caracterizar (antes, durante y al finalizar la enseñanza) los modos de conocer de los estudiantes acerca del fenómeno de IE en función de: los modelos explicativos que utilizan y los modos de razonar y principios conceptuales que subyacen a ellos.

O.3 Describir el aprendizaje de los estudiantes como producto de la intervención didáctica, tomando como indicadores los cambios y/o desarrollo que pudieran manifestarse en los modos de conocer conforme avanza la enseñanza.

## Metodología

Para alcanzar los objetivos de investigación propuestos y dar respuesta a los problemas planteados se optó por una Investigación Basada en Diseño (IBD), que busca resolver problemas educativos concretos, generando productos como recursos didácticos y estrategias de enseñanza. La IBD se compone de tres fases: diseño, donde se establecen metas de aprendizaje y se desarrolla un diseño instructivo; implementación, que incluye microciclos de análisis para evaluar y mejorar el diseño; y análisis retrospectivo, donde se analizan los datos y se reconstruye la teoría instructiva, permitiendo evaluar la eficacia de la intervención y adaptarla a otros contextos educativos (Rinaudo y Donolo, 2010). En el contexto de este trabajo, la primera fase de la IBD consistió en el diseño de una propuesta de enseñanza (PE) sobre IE, fundamentada en los aspectos teóricos antes descritos, la cual fue sometida a dos iteraciones sistematizadas. La PE y resultados de investigación de la primera iteración pueden revisarse en Inorreta, Bravo y Bravo (2021, 2024). En este trabajo se centra la atención en la segunda iteración, la cual fue implementada en un grupo de estudiantes de 17-18 años de edad de un colegio privado de la ciudad de Olavarría (Buenos Aires - Argentina).

## La PE y los instrumentos de recolección de datos

La PE planteada 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 (cómo 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 sencillos.

Para alcanzar los objetivos que se persiguen en cada etapa, se diseñaron diversas actividades, que se organizaron según IDAS. Las mismas implicaron la realización de trabajos experimentales en laboratorios reales y virtuales; la búsqueda, análisis, interpretación y uso crítico de información; la explicación de algún fenómeno natural o funcionamiento de algún dispositivo tecnológico; la exposición y defensa de ideas al elaborar una argumentación, el diseño y ejecución de trabajos experimentales; la construcción conceptos y leyes poniendo en juego procedimientos y habilidades propios del quehacer científico. 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.

Se ejemplifica en las tablas 1, 2, 3 y 4 el tipo de actividades implementadas en las distintas instancias didácticas.

Tabla 1. Ejemplo de actividades de iniciación

<b>ETAPA DE INICIACIÓN</b>
<p><b>ACTIVIDAD 1. UN CIRCUITO UN TANTO "ESPECIAL"</b>            Imagina que cuentas ahora con un circuito conformado SOLO por alambres de cobre y una lámpara: ¿Consideras que con estos materiales podrías lograr que la lámpara se encienda?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si crees que NO, explica por qué</li> <li>2. Si crees que SÍ, indica: a) qué elementos necesitas; b) la función de cada elemento; c) ¿qué harías o cómo procederías para lograr que se encienda?</li> </ol> <p><b>ACTIVIDAD 2. UN GRAN DESAFÍO</b>            Imagina que una amiga, que estudia Ingeniería, te cuenta que en una clase de Física lograron encender una lámpara sin conectarla a una pila, batería o red domiciliaria. Te desafía a que propongas cómo hacerlo usando los siguientes materiales:</p>

1. Representa con un dibujo cómo usarías los materiales para cumplir con el desafío.
2. Explica la función que cumple cada elemento: Imán, Cables y Lámpara.

### ACTIVIDAD 3. ¿MAGIA? NO; CIENCIA!!

1. En la experiencia “Inducción electromagnética experimentos” (disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=sgyUH0UmyK0>) se conecta una bobina (un enrollado de alambres de conductores) a un galvanómetro (instrumento cuya aguja se mueve cuando circula corriente por el circuito). Como puede observarse, se logra generar una corriente haciendo mover el imán en el interior de la bobina.
  - a. Si en lugar de un galvanómetro hubiese conectada una lámpara: ¿qué crees habría sucedido?
  - b. En base a tus ideas ¿cuál crees que es la causa para que se genera una corriente eléctrica en el experimento analizado?
2. El generador eléctrico es una de las aplicaciones más importantes del fenómeno de inducción electromagnética. En el video “Generador” (disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=6O7sgJpeSPE>) puedes apreciar un generador casero y en “El laboratorio electromagnetismo” (disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/faraday>) puedes simular su funcionamiento. En base a tus ideas a) ¿Por qué crees que se enciende 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.

Tabla 2. Ejemplo de actividades de desarrollo

<b>DESARROLLO</b>
<p><b>ACTIVIDAD 4. ¡Imagínate esto! Ahora te invito a explicar lo siguiente:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dibuja el flujo magnético en el circuito que contiene a la lámpara de la siguiente situación:</li> <li>2. ¿Cuáles son los elementos necesarios para encender la lámpara con IE?</li> <li>3. ¿Qué condición/es deben darse para que la lámpara se encienda? Justifica tu respuesta y acompaña tu respuesta con un dibujo.</li> <li>4. ¿Cuál/es son las causas para que la lámpara se encienda? Justifica tu respuesta y acompaña tu respuesta con un dibujo.</li> <li>5. Ingresa a la solapa "generador" y observa que la lámpara se ilumina como resultado de la variación del flujo magnético en el interior del circuito que lo contiene. Explica este fenómeno mediante un análisis gráfico y simbólico (utilizando un modelo matemático) que describa lo ocurrido.</li> </ol>

Tabla 3. Ejemplo de actividades de aplicación

<b>APLICACIÓN</b>
<p>Supongamos que estás trabajando en un proyecto de iluminación para una exposición de arte en la que se utilizarán lámparas de tipo fluorescente. Estas lámparas requieren una cierta cantidad de voltaje para funcionar correctamente. Si la lámpara requiere de 16 V para encender y brillar ¿A razón de cuantos wb/s estará variando el flujo magnético en el interior de la bobina a la cual está conectada?</p>

Tabla 4. Ejemplo de actividades de síntesis

<b>SÍNTESIS</b>
<p><b>ACTIVIDAD 1. EVALUAMOS LO APRENDIDO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un dínamo es un dispositivo que suelen usar los ciclistas para encender la lámpara de sus bicicletas ya que transforma energía mecánica (asociada al movimiento de las ruedas) en energía eléctrica. Su funcionamiento básicamente consiste en el movimiento de una bobina</li> </ol>

en la cercanía de un imán. a) Explica lo que sucede en el dínamo para que se genere un Voltaje necesario para encender la lámpara de la bici. b) Representa con un dibujo la situación que hace posible que el dínamo genere un Voltaje. c) Si se cambiara la lámpara de la bici por otra que requiere mayor energía eléctrica para brillar, ¿Qué modificaciones harías, a los elementos o procesos involucrados en el funcionamiento del dínamo, a fin de lograr que esta lámpara se encienda? Justifica tu respuesta.

2. Dadas las afirmaciones que te presente a continuación, debes decidir si son VERDADERAS o FALSA y JUSTIFICAR tu decisión.

a) Cuanto mayor sea el flujo magnético dentro de una espira conductora, mayor será el voltaje que se genera en ella por inducción electromagnética. b) Para generar un Voltaje 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). c) Si se coloca un imán en el interior de una espira conductora (circuito cerrado) circulará en ella una corriente eléctrica.

3. Imagina que estás investigando el funcionamiento de los discos duros en una computadora. Sabes que la información se almacena en los discos duros utilizando campos magnéticos y que la Ley de Faraday es relevante en este proceso. Se sabe que el disco duro tiene una bobina que interactúa con los campos magnéticos para escribir la información ¿Cuál es la magnitud del Voltaje en el experimento?

4. Una bobina circular que se encuentra en un generador eléctrico portátil está formada por 1000 espiras conductoras de  $0,1 \text{ m}^2$  de área ubicadas perpendicularmente a un campo magnético generado por electroimán: a) Realiza un dibujo de la situación. Indica todas las magnitudes involucradas b) Si el campo magnético varía en el tiempo y se obtienen los siguientes flujos  $\Phi_i = 0,1 \text{ Wb}$  y el  $\Phi_f = 0,2 \text{ Wb}$  ¿cuál sería su variación? c) Si este cambio de flujo ocurrió en un intervalo de tiempo de 5 segundos ¿cuál es el valor del Voltaje que se generará? ¿Será suficiente para encender una lámpara de 12 V?

Las actividades usadas para ejemplificar la PE fueron las seleccionadas como instrumentos para recolectar los datos de esta investigación. Intentando siempre obtener una explicación lo más completa posible (que permita inferir las concepciones subyacentes con la

mayor confianza, rigurosidad y fundamento) se plantearon preguntas que resulten fácilmente interpretables y que involucren fenómenos y/o situaciones conocidas para los estudiantes. Los cuestionarios tuvieron su instancia de puesta a punto, previa a la implementación objeto de investigación, con estudiantes de características análogas y sometidas a evaluación por especialistas en física y en didáctica de la física de la UNCPBA.

Los datos obtenidos se analizaron cuali y cuantitativamente. A partir del análisis cualitativo se infirió y caracterizó el modo de conocer que cada alumno usó, en cada instancia de recolección de datos (pretest, postest). Para ello se analizaron minuciosamente las respuestas (tanto las realizadas en forma escrita como las representadas en dibujos) que cada alumno elaboró a las preguntas planteadas en los cuestionarios.

Dicho análisis implicó, en una primera instancia, identificar los elementos (fuente de campo magnético, circuito cerrado) y procesos (variación de la posición/orientación relativa circuito - fuente de campo magnético; cambio de área del circuito; cambio de la intensidad del campo magnético) reconocidos por los estudiantes para explicar el fenómeno. En una segunda instancia, y en función de los elementos y procesos identificados, se elaboraron esquemas conceptuales que representan el modelo explicativo y modos de razonar usados por cada alumno a cada pregunta planteada. Los mismos se agruparon en distintas categorías las cuales se presentan y describen en el capítulo siguiente.

A este análisis cualitativo, que como se dijo, permite categorizar las ideas de cada alumno en cada instancia de análisis, se le suma otro de índole más cuantitativo, que admite describir el conocimiento del grupo de estudiantes en las distintas instancias de análisis y cómo este cambia al finalizar la implementación de la PE.

Para recolectar datos que permitieran llevar adelante el estudio se recurrió a la observación directa con registro en audio y fotografía y notas de campo de cada una de las clases. Para analizar los registros se hizo, en primer lugar, una revisión global de todo el material para destacar cuestiones relevantes para este trabajo: identificar cada sesión completa de clase señalando las actividades, instancias o momentos donde se identifica una intervención docente, una participación de los alumnos, una discusión, de tal forma que luego ayude a describir el comportamiento del docente objeto de estudio de este trabajo. Luego de esa primera “mirada”, se procedió a: desgravar los registros de las clases; “trocear” cada una de las sesiones, identificando etapas de la secuencia didáctica, actividades, tipos; analizar cada actividad de

enseñanza para ver al docente en acción (dinámica de acción del docente, docente - alumnos, docente exponiendo solo, etc.)

### Diseño metodológico y análisis de datos

Para evaluar los modos de conocer de los estudiantes y cómo se complejizan conforme avanza la implementación de la PE se realizó un estudio cuasi experimental bajo un diseño pretest - durante - postest. Sobre los datos obtenidos se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos. El primero implicó examinar las respuestas de los estudiantes, identificando los elementos reconocidos asociados a la IE (como campo magnético, circuito cerrado, etc.) y los procesos necesarios para que éste ocurra (como variación de posición, cambio de área del circuito, etc.). Con esta información, se elaboraron esquemas conceptuales representativos de los modelos explicativos empleados y se infirieron los principios conceptuales y los modos de razonar subyacentes. A partir de un análisis de regularidades, se definieron categorías que representan los modos de conocer utilizados. En el análisis cuantitativo, se calcularon las frecuencias de uso de estas categorías antes, durante y después de la enseñanza, sobre las que se aplicó un análisis de varianza (Anova) y se realizó el test post hoc Kruskal Wallly, para identificar los modos de conocer más utilizados en cada instancia, así como los cambios experimentados como consecuencia de la enseñanza.

### Resultados

De los resultados obtenidos en las distintas instancias de análisis se definieron cuatro categorías que representan los modos de conocer de los estudiantes, los cuales se presentan y describen en la tabla 1.

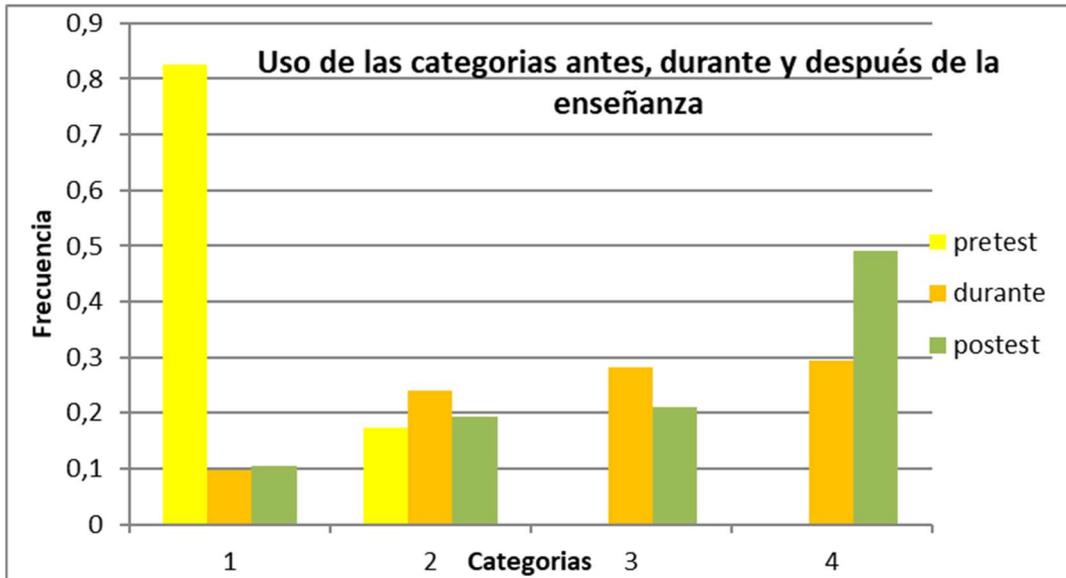
Tabla 1: Categorías que representan los modos de conocer de los estudiantes

Categoría	Modelo/ modos de razonar - principios conceptuales.	Esquema conceptual representativo
Categoría I	Las respuestas que no reconocen el fenómeno / monovariado - hecho o dato.	

<p>Categoría II</p>	<p>Las respuestas que identifican los elementos necesarios para generar un voltaje, como mover el imán cerca de la espira, pero sin explicar las causas / secuencial lineal - hecho o dato.</p>	
<p>Categoría III</p>	<p>Las respuestas que reconocen la existencia del flujo magnético y le atribuyen a él la generación de un voltaje, elaborando así una explicación reduccionista y lineal/ no sistémico y reduccionista - causalidad lineal múltiple</p>	
<p>Categoría IV</p>	<p>Las respuestas que reconocen que el voltaje generado por inducción electromagnética es proporcional a la tasa de cambio de flujo magnético /sistémico - interacción.</p>	

El gráfico 1 muestra la frecuencia con que se usaron las distintas categorías en los distintos momentos de análisis.

Gráfico 1. Frecuencia de uso de las categorías en las instancias de pretest - intervención - postest.



Como puede observarse, antes de la enseñanza los estudiantes no reconocen el fenómeno de IE. Creen que para generar corriente es necesario contar con una fuente de energía como una pila, y algunos asumen erróneamente que el imán es una fuente de voltaje (categoría I). Durante la enseñanza, se observa un avance hacia explicaciones más complejas. Algunos estudiantes comienzan a reconocer al fenómeno de IE, como un medio para generar corriente eléctrica e identifican los elementos y procesos necesarios para que ésto ocurra, como mover el imán cerca de la espira (categoría II). Otros van más allá de la explicación fenomenológica, reconociendo la necesidad de que se establezca un flujo magnético en una espira conductora, aunque sin interpretar todavía que este flujo debe variar para generar voltaje (categoría III). Al finalizar la enseñanza, se observa que la mayoría de los estudiantes logra reconocer que la variación del flujo magnético es esencial para generar corriente eléctrica, y pudieron explicar la relación cuantitativa entre la rapidez de cambio de dicho flujo y la magnitud del voltaje inducido, mostrando una comprensión de la ley de Faraday (categoría IV).

Los resultados del Anova realizado sobre la frecuencia con que se usaron las distintas categorías en los diferentes momentos de análisis, revelan que existen diferencias significativas ( $H=199.64$ ,  $p < 0.001$ ). El test post hoc Kruskal Wallis indica que, entre la instancia inicial y final, disminuye significativamente ( $p < 0,05$ ) el uso de la categoría I y aumenta significativamente el uso de la categoría IV. Es decir que los estudiantes pasan de no reconocer el fenómeno de IE a explicar que esto es posible variando el flujo magnético en el interior del circuito. A su vez reconocen que, a mayor velocidad con que varía el flujo, mayor es el voltaje que se genera por IE.

Sin embargo, este proceso de aprendizaje se desarrolló de manera progresiva y gradual. En tal sentido, el test post hoc revela que, entre la instancia inicial y de desarrollo disminuye significativamente la frecuencia con que se usa la categoría I y aumenta significativamente la frecuencia con la que usan las categorías II, III y IV, las cuales se usan sin diferencias estadísticamente significativas. Esto denotaría el uso inconsistente de ideas diferentes (característica ésta, más de un conocimiento intuitivo que de uno científico).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que, antes de la enseñanza formal, los estudiantes enfrentaron dificultades significativas para interpretar el fenómeno de IE, empleando razonamientos reduccionistas y explicaciones incoherentes con los principios de la ciencia escolar. La implementación de la propuesta de enseñanza basada en la metodología IDAS permitió un desarrollo gradual de sus modos de conocer, evidenciado en la transición desde explicaciones fenomenológicas hacia modelos coherentes con los de la ciencia. Al finalizar la intervención, los estudiantes manifestaron comprender y aplicar para resolver problemas, la ley de Faraday. Además, se constató que este aprendizaje no se produjo de manera abrupta, sino a través de un proceso progresivo que combinó explicaciones intuitivas con principios de la ciencia escolar, indicando la coexistencia y gestión gradual de distintos modos de conocer. La propuesta didáctica y el accionar docente desempeñaron un papel esencial en este proceso, favoreciendo la participación activa, la reflexión y la aplicación del conocimiento adquirido en contextos significativos.

Estas conclusiones están estrechamente relacionadas con los objetivos y problemas planteados en esta investigación. En respuesta al primer problema, se caracterizó cómo los

estudiantes interpretan y explican el fenómeno de la IE antes de la enseñanza formal, evidenciando la necesidad de una intervención pedagógica. Respecto al segundo problema, se identificaron los cambios necesarios en sus modos de conocer para favorecer una comprensión científica del fenómeno. Finalmente, en relación con el tercer problema, se describió cómo evolucionaron estos modos de conocer durante la implementación de la propuesta basada en la metodología IDAS. De este modo, se alcanzaron los objetivos establecidos, que incluían diseñar e implementar una propuesta de enseñanza, caracterizar los modos de conocer de los estudiantes y describir su aprendizaje como resultado de la intervención didáctica. Así, este trabajo contribuye a ampliar el conocimiento sobre estrategias de enseñanza para la alfabetización científico-tecnológica en el nivel secundario.

### Referencias

ALMUDÍ, J., ZUZA, K. y GUIASOLA, J. 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, 2016. Recuperado, a partir de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/309277>

BRAVO, B., PESA, M. y BRAUNMULLER, M. IDAS: una metodología de enseñanza centrada en el estudiante para favorecer el aprendizaje de la física. *Revista brasileira de Ensino de Física*, 44, 2022.

BRAVO B. La enseñanza y el aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria. Universidad Autónoma de Madrid. España, 2008. Sitio consultado en noviembre de 2024. Disponible en: [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1973/5029\\_bravo\\_bettina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1973/5029_bravo_bettina.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CHI, M. T., ROSCOE, R. D., SLOTTA, J. D., ROY, M., & CHASE, C. C. Misconceived causal explanations for emergent processes. *Cognitive science*, 36(1), 1-61, 2012.

CROSETTI, B., & IBÁÑEZ, J. M. S. La investigación basada en diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 2016.

HOGARTH, R. Educar la Intuición. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. Barcelona y Editorial Paidós, SAICF, Buenos Aires, 2002.



INORRETA, Y., BRAVO, B., & BRAVO, S. La enseñanza y aprendizaje de inducción electromagnética en educación secundaria obligatoria. Tesis Doctoral no publicada. Departamento de Formación Docente. Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2024.

INORRETA, Y., BRAVO, B., & BRAVO, S. La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética en el nivel secundario. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33, 357–365, 2021. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35585>

NAIZAQUE APONTE, N. Diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la inducción electromagnética. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2013. <http://bdigital.unal.edu.co/39628/1/1186696.2013.pdf>. Consultado en noviembre de 2024.

POZO, J. Aprender en tiempos revueltos. Madrid: Alianza Editorial. España, 2016.

POZO, J.I. Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne. Madrid: Ed. Morata. pp 105 – 240, 2001.

POZO J.I. y GÓMEZ CREZPO, M. Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Cap IV. Ed. Morata SL, 1998.

PESA, M. A., & de CUDMANI, L. C. ¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto a la visión? *Revista Educación y pedagogía*, (21), 15-33, 1998.

RIUNAIDO, M. C., & DONOLO, D. Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (22, 2010).

SALINAS DE SANDOVAL, J. y SANDOVAL, J. Explicación de colores resultantes: modos de razonamiento subyacente; Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. *Revista Española de Física*, 10, 1996.

ZUZA, K., ALMUDÍ, J. M., y GUIASOLA, J. 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), 175-19, 2012.