

Estudio codisciplinar del Electromagnetismo y métodos matemáticos mediante la Revisión Sistemática de la Literatura

Miguel Alarcón Vera^{1*}, Patricia Rojas Salinas²

Resumen

La ponencia se enmarca en una experiencia de aula codisciplinar implementada con el objetivo de mediar el aprendizaje del electromagnetismo y los métodos matemáticos para la física mediante una metodología innovadora basada en la búsqueda y análisis sistemático de literatura científica. La propuesta didáctica articula contenidos de campos electromagnéticos y flujo magnético con la construcción y desarrollo de una Revisión Sistemática (RS) de la literatura, adaptando el método PRISMA para un contexto formativo. Las RS realizadas por el estudiantado se centraron en el impacto en la salud humana de las radiaciones ionizantes y no ionizantes, lo que permitió vincular los conceptos físicos trabajados en las asignaturas con problemáticas socio-científicas actuales. A lo largo del proceso, las y los estudiantes aprendieron a formular preguntas de investigación en formato P.I.C.O., utilizar bases de datos y bibliotecas virtuales, aplicar operadores booleanos, manejar gestores de referencias (Zotero y Mendeley), identificar sesgo en la evidencia y redactar un breve artículo de investigación, de modo que la RS funcionó tanto como técnica didáctica para los contenidos disciplinares como metodología de enseñanza para el desarrollo de competencias investigativas.

Palabras clave: Educación superior, electromagnetismo, flujo magnético, salud humana

1Instituto Profesional Virginio Gómez

2Universidad del Alba

patricia.rojas@udalba.cl, miguel.alarcon@virginiogomez.cl

Abstract

This presentation is part of a codisciplinary classroom experience implemented to facilitate the learning of electromagnetism and mathematical methods for physics through an innovative methodology based on the systematic search and analysis of scientific literature.

The didactic proposal integrates content on electromagnetic fields and magnetic flux with the construction and development of a Systematic Review (SR) of the literature, adapting the PRISMA method for an educational context. The SRs carried out by the students focused on the impact of ionizing and non-ionizing radiation on human health, allowing them to connect the physical concepts covered in the courses with current socio-scientific issues. Throughout the process, the students learned to formulate research questions in P.I.C.O. format, use databases and virtual libraries, apply Boolean operators, manage reference managers (Zotero and Mendeley), identify bias in the evidence and write a short research article, so that the SR functioned both as a didactic technique for the disciplinary content and as a teaching methodology for the development of research skills.

Keywords: Higher education, electromagnetism, magnetic flux, human health

1Instituto Profesional Virginio Gómez

2Universidad del Alba

patricia.rojas@udalba.cl, miguel.alarcon@virginiogomez.cl

1. Introducción

En las últimas décadas, ha aumentado significativamente la preocupación de la población e interés de la comunidad científica debido a la exposición humana a campos electromagnéticos. El espectro electromagnético abarca todas las frecuencias de radiación, desde las ondas de radio de baja frecuencia hasta los rayos gamma de alta energía; según Serway y Vuille (2012), las radiaciones se clasifican en ionizantes y no ionizantes, según su capacidad para ionizar átomos o moléculas. Las radiaciones ionizantes, como los rayos X y los rayos gamma, poseen suficiente energía para eliminar electrones de los átomos; por el contrario, las radiaciones no ionizantes, que incluyen microondas, luz visible y ondas de radio, carecen de la energía necesaria para ionizar átomos. El flujo de un campo electromagnético describe la distribución y propagación de la energía transportada por el campo en el espacio, determinada por su intensidad, dirección y las propiedades del medio. En los seres humanos, la interacción de estos campos puede inducir corrientes eléctricas internas, especialmente en tejidos conductores como nervios y músculos, siendo la magnitud de estas corrientes depende de la frecuencia, intensidad y duración de la exposición.

La evidencia científica sugiere que la mayoría de las exposiciones cotidianas, de baja frecuencia provenientes de electrodomésticos y líneas eléctricas, como a radiofrecuencia de dispositivos inalámbricos, se encuentran muy por debajo de los límites internacionales de seguridad establecidos por organismos internacionales; sin embargo, la percepción pública de riesgo ha impulsado políticas precautorias en distintos países, estableciendo límites de exposición, monitoreo y regulación. En este contexto, resulta esencial comprender la importancia física. Si bien los estudios actuales no demuestran efectos adversos significativos a niveles habituales de exposición, la investigación continua es crucial para garantizar la seguridad frente a posibles riesgos emergentes asociados con la exposición prolongada.

Desde la docencia, la gran cantidad de herramientas para el aprendizaje sumado al uso deficiente de inteligencia artificial para el desarrollo de actividades académicas por parte de los estudiantes ha llevado en el último tiempo a un problema multifactorial; entre las consecuencias hemos evidenciado una argumentación deficiente y baja motivación a la búsqueda de evidencia científica; así es que surge la posibilidad de plantear un estudio que permita entregar herramientas a los estudiantes y que posterior a su ejecución, pueda ser replicado en distintas disciplinas.

Para esto, una herramienta que va tomando arraigo es la de la revisión de la literatura científica, en este sentido una Revisión Sistemática (RS) es una síntesis de la información disponible que permite al investigador comparar la evidencia debido a la gran cantidad de información que circula (Manterola et al., 2023). El uso de la RS como herramienta formativa ha tomado un espacio en las instituciones de educación superior, debido a que promueve el uso de competencias investigativas fomentando la comprensión profunda de los fenómenos. Su aprendizaje está relacionado con la

competencia argumentativa, lo que fomenta el pensamiento crítico, organizar ideas y comprender profundamente los contenidos científicos.

Las formas de comunicación, la inmediatez de la información y los canales o vías por las que se llega a ella; refieren una dificultad encontrada al momento de evaluar competencias argumentativas en la enseñanza de las ciencias (Espejo-Yupanqui et al., 2024); se destaca que esta competencia tiene un rol fundamental para el logro de la alfabetización científica. La competencia argumentativa, fomenta el pensamiento crítico debido a que es capaz de desarrollar habilidades que permiten elaborar textos complejos organizando los pensamientos para darles un sentido y comprensión profunda a los contenidos científicos. Estas habilidades, permiten además construir argumentos basados en evidencia que incorporan modelos teóricos, estos argumentos son más complejos que las simples explicaciones debido a que justifican y debaten la validez de las teorías entregando mayor claridad a los conceptos.

En este marco, la evaluación de los aprendizajes adquiere un rol central. El modelo de retroalimentación efectiva de Rojas y Verri (2023) propone una evaluación orientada a la mejora continua, que reconoce logros, identifica errores y entrega orientaciones específicas para avanzar hacia aprendizajes significativos. Integrar este modelo en una actividad centrada en la búsqueda sistemática de literatura permite que la retroalimentación se focalice tanto en los contenidos de electromagnetismo y métodos matemáticos como en los procesos de formulación de preguntas, búsqueda de evidencia y construcción de argumentos, reforzando el vínculo entre evaluación, investigación y comprensión conceptual.

En consecuencia, el trabajo que se presenta corresponde a una experiencia codisciplinar en la carrera de formación inicial docente en física, en la que se articulan las asignaturas de Electromagnetismo y Métodos de Física Matemática mediante el diseño y ejecución de una Revisión Sistemática de la literatura sobre radiación ionizante y no ionizante y su impacto en la salud humana. Se busca mostrar de qué manera esta metodología media el aprendizaje de los conceptos de electromagnetismo y de los métodos matemáticos asociados, al mismo tiempo que contribuye al desarrollo de competencias investigativas, argumentativas y de escritura científica en estudiantes de educación superior.

2. Metodología

Las asignaturas se insertan en una carrera de formación inicial docente en tercer año en la mención de física. Metodológicamente, se planifica una actividad codisciplinar que permite su desarrollo durante un semestre donde las asignaturas de Electromagnetismo y Métodos de Física Matemática puedan en conjunto realizar tareas con sus estudiantes en paralelo al desarrollo de las asignaturas. La puesta en marcha de la actividad contempla tres etapas, la primera corresponde en la enseñanza

de la base teórica de la Revisión Sistemática de la literatura, enseñanza y aprendizaje de uso de bases de datos, booleanos, bibliotecas virtuales, así como de gestor de referencias, tales como Zotero o Mendeley; la segunda etapa está constituida por el diseño de objetivos de investigación basado en formato P.I.C.O; búsqueda de evidencia en bases de datos científicas como SCOPUS, Web of Science y SciELO, toda limitada a resultados obtenidos de artículos científicos publicados entre 2020 a 2024, aplicación de criterios de inclusión y exclusión basado en el Método Prisma; la tercera etapa consta de la construcción de fichas de revisión bibliográficas, análisis de categorías y escritura del artículo.

Más específicamente, el diseño de una pregunta de investigación marca un punto crucial en la revisión de la literatura. Una vez que han terminado el trabajo de carga de los artículos en el gestor de referencias Zotero se construye un informe con formato de template que contiene: Resumen, palabras claves (se solicitó que fueran 6 palabras y que estuvieran dispuestas en el tesoro de Unesco), Abstract y Keywords, introducción, material y método, resultados, conclusión o discusión y referencias.

A lo largo del proceso, la evaluación incorpora el modelo de retroalimentación efectiva de Rojas y Verri (2023), mediante devoluciones escritas y orales en hitos intermedios: formulación de la pregunta, matriz de búsqueda, selección de artículos, análisis de categorías y borradores de escritura. Esta retroalimentación se focaliza en la precisión de los conceptos de electromagnetismo (por ejemplo, clasificación de tipos de radiación, cuantificación de flujo y campos), en la coherencia entre la pregunta P.I.C.O y las estrategias de búsqueda, y en la solidez de los argumentos construidos a partir de la evidencia recopilada.

3. Resultados

Los resultados indican que la mayoría de las y los estudiantes logran hacer efectiva la búsqueda de evidencia científica actualizada, así como el uso de booleanos basado en sus términos claves; se vincula no tan solo las asignaturas sino también la implicancia del conocimiento de la ciencia en la Salud Humana, entregando para los profesores en formación una herramienta clave en la formación del que enseña en el siglo XXI. En los informes finales se observa un incremento en la diversidad y calidad de las fuentes utilizadas (artículos indexados en bases de datos reconocidas) en comparación con trabajos previos del curso, así como una mejor organización de la información y mayor explicitación de los criterios de selección.

En términos del aprendizaje disciplinar, los estudiantes lograron analizar diferencias entre la radiación ionizante y no ionizante y sus implicancias en la salud humana. Por ejemplo, uno de los trabajos recibidos estableció que se puede llegar a constatar que el paradigma regulatorio actual,

basado en efectos térmicos, es insuficiente para abarcar la complejidad de los mecanismos biológicos descritos en la literatura reciente.

En relación con las competencias investigativas, los productos evidencian avances en al menos cuatro dimensiones: formulación de preguntas de investigación pertinentes y acotadas; búsqueda y selección de evidencia de acuerdo con criterios explícitos; uso de gestores de referencias para organizar la bibliografía; y escritura de apartados básicos de un artículo científico (introducción, metodología, resultados y discusión). La retroalimentación sistemática permitió que las versiones finales de los informes mostraran mejoras sustantivas respecto de los borradores iniciales, tanto en la calidad de la argumentación como en la claridad de la redacción y la consistencia entre objetivos, métodos y conclusiones.

4. Reflexión

La experiencia muestra que la búsqueda sistemática de literatura, mediada a través de una RS, constituye una metodología de enseñanza y una técnica didáctica potente para el aprendizaje del electromagnetismo y de los métodos matemáticos para la física, en la medida en que sitúa los contenidos en contextos auténticos vinculados a la salud humana. El trabajo con preguntas P.I.C.O, criterios PRISMA y análisis de artículos obliga al estudiantado a movilizar conceptos de campos y radiaciones para interpretar resultados empíricos y evaluar su relevancia, favoreciendo una comprensión más profunda que el mero tratamiento algorítmico de problemas.

Al mismo tiempo, la actividad promueve el desarrollo de habilidades científicas que incluyen la formulación de preguntas de investigación, la búsqueda y selección crítica de evidencia, el uso de software especializado y la escritura de textos científicos, competencias ampliamente reconocidas como necesarias para la formación de docentes e investigadores en ciencias en el siglo XXI (Manterola et al., 2023; Espejo-Yupanqui et al., 2024). Sin embargo, la evidencia generada en esta experiencia se basa principalmente en productos escritos y observaciones docentes, por lo que futuras implementaciones debieran incorporar instrumentos sistemáticos (rúbricas, cuestionarios pre-post, entrevistas) que permitan cuantificar y caracterizar con mayor precisión los aprendizajes logrados.

Finalmente, se reconoce una tensión entre el énfasis declarado en el aprendizaje del electromagnetismo y los métodos matemáticos y la relevancia que adquieren las competencias investigativas y argumentativas en los resultados. Esta tensión no se interpreta como una discrepancia, sino como una oportunidad para concebir el aprendizaje disciplinar y el desarrollo de competencias investigativas como procesos interdependientes, donde el trabajo con RS actúa como mediador entre los conceptos físicos y las prácticas propias de la investigación científica.

Referencias

- Manterola, C., Rivadeneira, J., Delgado, H., Sotelo, C., & Otzen, T. (2023). ¿Cuántos Tipos de Revisiones de la Literatura Existen? Enumeración, Descripción y Clasificación. Revisión Cualitativa. *International Journal of Morphology*, 41(4), 1240-1253.
- Espejo-Yupanqui, J., Mendez-Vergaray, J., & Flores, E. (2024). La argumentación científica en estudiantes de educación secundaria: Revisión Sistemática. Horizontes. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 8(35), 2432-2446.
- Rojas, P., & Verri, A. (2023). Enseñar estadística en ciencias de la salud: El uso de la retroalimentación (feedback) en enfermería. *Revista Paradigma.*, 44(2), 1-15.
- Serway, R. A., & Vuille, C. (2012). *Fundamentos de Física* (9.^a ed.). Cengage Learning.