

Investigación bibliográfica sobre propuestas didácticas de articulación entre matemática y física

EDVCATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Patricia Torroba ¹ y María de las Mercedes Trípoli ¹

¹IMApEC, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, CP 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: patricia.torroba@ing.unlp.edu.ar

(Recibido el 20 de diciembre de 2023, aceptado el 15 de febrero de 2024))

Resumen

La matemática y la física son disciplinas básicas, fundamentales y necesarias para la formación académica de los ingenieros. A pesar de ser dos ciencias que están estrechamente vinculadas, su enseñanza generalmente se hace por separado. Se considera necesario articular ambas disciplinas mediante actividades diseñadas especialmente para el alumno de ingeniería, en las cuales los docentes trabajen de manera conjunta. En esta presentación se realiza una investigación mediante una revisión bibliográfica sobre la existencia de propuestas didácticas en las cuales estén presentes docentes de matemática y física, tanto en el diseño como en la implementación de las mismas. Para ello, se analizan los trabajos publicados en las actas de cuatro encuentros sobre la enseñanza de la matemática para carreras de ingeniería, de dos jornadas latinoamericanas sobre el ingreso y permanencia en carreras científico-tecnológicas y de una revista latinoamericana sobre la educación en física. Los resultados muestran que se observan muy pocas actividades áulicas de articulación entre física y matemática en las cuales los docentes de ambas disciplinas trabajen en conjunto.

Palabras clave: Propuesta Didáctica de Articulación Interdisciplinaria, Física y Matemática, Ingeniería.

Abstract

Mathematics and physics are basic disciplines, fundamental and necessary for the academic training of engineers. Despite being two sciences that are closely linked, their teaching generally is done separately. It is considered necessary to articulate both disciplines through activities specially designed for engineering students, in which teachers work together. In this presentation, an investigation is carried out through a bibliographic review on the existence of didactic proposals in which mathematics and physics teachers are present, in their both design and implementation. To do this, the papers published are analyzed in the proceedings of four meetings on mathematical teaching for engineering careers, in two Latin American conferences on entry and permanence in scientific-technological careers and from a Latin American magazine on physics education. The results show that very few activities of articulation in the classroom between physics and mathematics are observed in which the teachers of both disciplines work together.

Keywords: Didactic Proposals for Interdisciplinary Articulation, Physics and Mathematics, Engineering.

I. INTRODUCCIÓN

Para el alumno de ingeniería, tanto la matemática como la física son disciplinas básicas, fundamentales y necesarias para su formación académica. Éstas generalmente se estudian de manera separada, aunque tienen muchos puntos de contacto. De hecho, en la historia del pensamiento científico hay una relación muy estrecha entre la física y las matemáticas; las historias de ambas disciplinas están entrelazadas. El progreso en una de ellas ha contribuido a un progreso en la otra. En algunos casos, una teoría física no se ha podido desarrollar en una época porque no existía la herramienta matemática necesaria para su desarrollo. En otras oportunidades, el desarrollo de una teoría física ha sido rápido y formidable, porque ya se conocía la metodología matemática necesaria. Asimismo, muchos descubrimientos de la Física Experimental, para poder ser explicados y comprendidos, han impulsado la creación y desarrollo de nuevas teorías matemáticas [1, 2].

Como indican Valiente Márquez, Perera Cumerma y Bermúdez Morris [3], “la física como ciencia natural que estudia y describe los fenómenos más generales de la naturaleza tiene que estar en la base de la formación de todos los ingenieros” (p. 3). Y con respecto a la relación matemática-física-ingeniería, Rodríguez [4] menciona:

Es claro y notable el hecho de que la práctica diaria de la física y la ingeniería utilizan cantidades enormes de matemática del más alto nivel. Es más, los mismos conceptos con los que formulan sus teorías son fundamentalmente matemáticos. La mayor parte del desarrollo de la matemática en los últimos tres siglos tiene origen y motivación en el deseo de resolver problemas físicos... (p. 40)

Creemos que es necesario recuperar en el aula, en nuestro caso universitaria, esa relación entre ambas disciplinas; en especial considerando que los estudiantes son futuros ingenieros. Es necesario ofrecerle al alumno un acercamiento entre la física y la matemática evidenciando cómo los distintos campos del saber están relacionados [4].

La matemática para los ingenieros, es un medio y no un fin en su profesión, entonces consideramos que su enseñanza debe contextualizarse en temas de su interés y que tengan coyuntura con la realidad de la vida profesional. No es tarea sencilla brindarle al estudiante de un primer curso universitario de matemática, situaciones concretas. Sin embargo, consideramos que esto es posible si se realiza un trabajo interdisciplinario, en el sentido de que las propuestas de enseñanza sean pensadas, reflexionadas, diseñadas e implementadas por docentes de distintas disciplinas. En particular, creemos que es posible trabajar en equipo generando propuestas integradoras entre matemática y física.

De acuerdo a Santaló [5]:

...la enseñanza de la matemática debe ser un constante equilibrio entre la matemática formativa y la matemática informativa... Hay que formar, pero al mismo tiempo informar de las cosas útiles adecuadas a las necesidades de cada día y de cada profesión. Por otra parte, cada aspecto informativo tiene un substrato formativo, de manera que la regla puede ser "formar informando" o "informar formando" (p. 26).

Resulta conveniente motivar la enseñanza de los conceptos matemáticos a partir de temas propios de las carreras que se estudian, procurando que la enseñanza de la matemática no se convierta en un compartimento estanco, sino estableciendo relaciones horizontales y verticales con otras asignaturas, en particular con la física.

Con respecto a estas relaciones, docentes de las distintas áreas de conocimiento (matemática, física e ingeniería) del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, venimos realizando propuestas para colaborar con los estudiantes con el fin de explicitar esas relaciones existentes entre la matemática y la física, muchas veces no percibidas por ellos. A su vez, colaborar en la articulación del lenguaje y notaciones propias de cada disciplina.

El presente trabajo es la continuación de una investigación que consistió en una revisión bibliográfica en donde se analizaron artículos de la Revista de Enseñanza de la Física de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA), con el objetivo de indagar sobre propuestas de articulación interdisciplinarias desarrolladas en otras instituciones [6]. En particular, en este artículo se presentan los resultados de una investigación que consistió en una revisión sistemática de artículos expuestos en dos diferentes eventos científicos: Encuentro Nacional e Internacional de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería (EMCI) y Jornadas Nacionales Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas (IPECYT): se revisaron las Actas del EMCI 2017, 2018, 2021 y 2022 e IPECYT 2018 y 2020. Además, se consideraron los artículos de la Revista Latinoamericana de Física Educativa (Latin-American Journal of Physics Education, LAJPE) publicados entre los años 2017 y 2023 (volúmenes 11 al 17). El objetivo fue reconocer propuestas de articulación interdisciplinaria entre la comunidad de educadores de las ciencias, en particular de matemática y física, relacionarlas con el trabajo que venimos realizando,

comparar aquellas actividades encontradas con las que hemos llevado a cabo con nuestros alumnos y realizar una reflexión sobre la articulación entre dichas disciplinas. A su vez, reconocer propuestas para poder adaptar e implementar en nuestra institución y en particular en los cursos en los cuales nos desempeñamos como docentes.

II. LA ARTICULACIÓN INTERDISCIPLINARIA

Como hemos manifestado en una investigación previa [6], las propuestas didácticas que venimos llevando a cabo están orientadas a realizar intervenciones en las clases de matemática con el objetivo de motivar al estudiante de ingeniería sobre el estudio de la misma dada su importancia, sobre todo como una herramienta fundamental para su desarrollo profesional. Además, que perciba su utilidad en situaciones físicas. En las clases de física, que reconozca la necesidad de recuperar lo aprendido o estudiado en una clase de matemática. En ambas disciplinas, trabajar de manera de vincular notaciones y lenguajes propios de cada especialidad.

Asimismo, las ideas que sostienen y que enmarcan las investigaciones se encuadran en la teoría cognitiva del aprendizaje significativo. Esta teoría se caracteriza por la interacción entre conocimientos previos y conocimientos nuevos, en cuyo proceso los nuevos conocimientos adquieren significado para el sujeto y los conocimientos previos adquieren nuevos significados o mayor estabilidad cognitiva. Siendo dos las condiciones para el aprendizaje significativo: por un lado, el material de aprendizaje debe ser potencialmente significativo y por el otro, el estudiante debe presentar una predisposición para aprender [7]. El alumno debe ser consciente de que es él quien debe relacionar las nuevas ideas o informaciones que quiere incorporar a los aspectos relevantes de su estructura cognoscitiva. A su vez, debe poseer conceptos y proposiciones relevantes en su estructura cognoscitiva que sean capaces de actuar como "base de anclaje" para las nuevas ideas a ser asimiladas [8]. Creemos que para fomentar en los estudiantes la competencia necesaria para articular los conocimientos previos y los nuevos que van incorporando, y para que puedan llevar a cabo este proceso, es necesaria la colaboración del docente.

Dado que se expone que el objetivo del trabajo es reconocer propuestas de articulación interdisciplinaria, nos parece importante explicitar qué entendemos por ello. Entendemos la articulación interdisciplinaria a los esfuerzos que deben realizarse entre distintas asignaturas para lograr un diálogo que facilite a los alumnos el tránsito por las mismas, a partir del uso de un lenguaje común que permita reconocer en las distintas asignaturas los objetos comunes que aparecen en formatos diferentes y una metodología coherente que permita unificar "reglas de juego". Este tipo de articulación debe garantizar, ante todo, una continuidad lógica y natural que debe existir en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Y consideramos que debe ser interdisciplinaria porque deben participar de las propuestas

docentes de distintas disciplinas, cada uno aportando a la propuesta desde su especialidad.

Es un hecho que mostrar a los estudiantes alguna aplicación física concreta sobre el uso que le va a dar a la matemática no es sencillo ya que muchas veces los docentes de matemática, al haberse formado en esta disciplina, no poseen el conocimiento necesario para poder brindarles a los estudiantes ejemplos que les permita a estos darle sentido a los temas que están estudiando. A su vez, al estar en el primer año de la carrera, también es difícil encontrar aplicaciones que puedan ser entendidas con los conocimientos que van adquiriendo. Es por ello que creemos conveniente trabajar entre docentes de distintas áreas, en particular entre matemática y física, para poder buscar estrategias y propuestas didácticas que faciliten el tránsito entre ambas materias y darle sentido a los temas que se estudian.

Así, lo que perseguimos con esta investigación es reconocer propuestas áulicas, ya sea en el aula de matemática o en el aula de física, en las que participen docentes de ambas disciplinas, no como meros observadores (cuando la propuesta no se lleva a cabo en su “aula”) sino como participantes activos, desde el diseño de la misma hasta la implementación de la propuesta; es decir, que los docentes de ambas disciplinas trabajen en forma colaborativa buscando qué temas vincular, cómo hacerlo, y qué y cómo aporta cada área de conocimiento para el desarrollo de las tareas propuestas.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el estudio que se presenta se consideran los trabajos publicados en las Actas de los siguientes congresos: EMCI 2017, EMCI 2018, EMCI 2021, EMCI 2022, IPECYT 2018 e IPECYT 2020. Además, los Volúmenes 11 a 17 de la Revista Latinoamericana de Física Educativa (LAJPE). Utilizando el mismo criterio que Baudino y otros [9] (2017), y que ya hemos usado en un trabajo previo [6], se considera que el conjunto de producciones que se registran en las actas de los congresos mencionados así como en la revista LAJPE, representan un panorama actual de la producción en investigación en educación en matemática para carreras de ingeniería, en la enseñanza de las ciencias en general y en educación de la física en Latinoamérica y es apropiado para realizar conclusiones sobre el tema que nos hemos propuesto.

Como ya hemos mencionado, al analizar los artículos la idea que se siguió fue la de reconocer propuestas didácticas en donde se articulen física y matemática, y que estas propuestas contemplen el trabajo conjunto entre docentes de ambas disciplinas, tanto en el diseño de las propuestas como en la implementación de las mismas junto con los estudiantes, entendiendo por propuesta didáctica a una herramienta planeada para favorecer el proceso de enseñanza y de aprendizaje.

Se analizaron 870 artículos. Para hacer una clasificación inicial, se realizó una primera lectura de los trabajos teniendo en cuenta si incluían en ellos vinculaciones

explícitas entre temas de dos o más disciplinas. Se excluyeron los trabajos que trataban investigaciones y/o propuestas didácticas sobre la educación de la matemática en general o de la física en general (o de alguna otra disciplina) y aquellos en los cuales sólo se mencionaba la relación entre temas comunes de las disciplinas debido a una necesidad natural que los vincula. Asimismo, si bien consideramos de suma importancia la implementación de actividades de articulación entre la escuela secundaria y la universidad, en este trabajo en particular se han excluido. Este procedimiento se realizó de manera independiente y luego, en forma conjunta, donde las autoras expusieron sus puntos de vista con respecto a las lecturas de los artículos analizados. Esto derivó en la selección de 75 trabajos.

De acuerdo al análisis realizado, se establecieron tres categorías:

- Categoría A: trabajos que tratan investigaciones y/o propuestas didácticas sobre la educación de la matemática en general o de la física en general (o de alguna otra disciplina) y aquellos en los cuales sólo se mencionaba la relación entre temas comunes de las disciplinas debido a una necesidad natural que los vincula.
- Categoría B: trabajos con propuestas sobre articulación entre la escuela secundaria y la universidad.
- Categoría C: trabajos con propuestas didácticas en donde se vinculan la física y matemática u otras disciplinas.

Los trabajos clasificados según las Categorías A y B son los que se excluyeron.

En la siguiente etapa, se profundizó con el análisis de los 75 trabajos clasificados según la Categoría C, y se establecieron dos Subcategorías:

- Subcategoría C1: trabajos que vinculan disciplinas que no corresponden a matemática y física.
- Subcategoría C2: trabajos que vinculan matemática y física.

Se excluyeron los trabajos clasificados según la Subcategoría C1 y quedaron seleccionados 23 artículos correspondientes a la Subcategoría C2.

En la última etapa se profundizó con el análisis de estos 23 trabajos teniendo en cuenta si incluían en forma explícita propuestas didácticas que contemplen el trabajo conjunto entre docentes de distintas disciplinas, tanto en el diseño de las propuestas como en la realización de las mismas junto con los estudiantes. Acordamos que solamente en 8 trabajos se puede observar lo señalado previamente.

IV. RESULTADOS

De los 870 trabajos considerados, 105 de ellos corresponden al EMCI 2017, 72 al EMCI 2018, 68 al EMCI 2021, 62 al EMCI 2022, 113 a las IPECYT 2018, 125 a las IPECYT 2020 y 319 a la Revista LAJPE (Volúmenes 11 a 17). El objetivo de esta investigación, como ya hemos mencionado, fue identificar propuestas didácticas, entre la comunidad de educadores de la matemática y de la física,

Torroba P. y Trípoli, M.

en las que se pongan en juego actividades de articulación entre estas áreas de conocimiento integrando temas de ambas disciplinas y donde la tarea se realice en forma interdisciplinaria.

Como resultado de la investigación se seleccionaron solamente 8 trabajos que, a criterio de las autoras, presentan las características mencionadas. Estos trabajos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- Trabajo I: EMCI 2017
- Trabajo II: EMCI 2017
- Trabajo III: EMCI 2018
- Trabajo IV: EMCI 2018
- Trabajo V: EMCI 2021
- Trabajo VI: EMCI 2022
- Trabajo VII: IPECYT 2018
- Trabajo VIII: IPECYT 2020

Se describe cada uno de ellos mediante una breve síntesis.

En el Trabajo I se presenta una propuesta metodológica basada en las teorías prescriptivas del diseño instruccional, dado que las mismas están orientadas hacia la práctica y estimulan el análisis crítico y reflexivo de situaciones problemáticas ingenieriles. Los autores analizan un caso de aplicación en el campo de la Ingeniería con una fuerte impronta de tópicos de las Ciencias Básicas, entre los cuales se destacan contenidos curriculares pertenecientes a asignaturas tales como: Análisis Matemático I, Análisis Matemático II, Álgebra y Geometría Analítica y Física I; entre otras. Es una experiencia intercátedra donde colaboran los equipos docentes de dichas asignaturas. El caso de estudio real consiste en el problema del análisis y diseño de una montaña rusa en ausencia de fricción. Durante el desarrollo de la actividad los estudiantes obtienen expresiones del modelo matemático de la realidad presentada, donde algunas de ellas tienen su raíz en el campo de la mecánica (dinámica y conservación de la energía) y surgen de manera natural del análisis del caso y otras constituyen herramientas matemáticas sustanciales para resolver el modelo (cálculo diferencial y trigonometría). Este trabajo destaca el desarrollo del proceso de instrucción en etapas y no el de articulación interdisciplinaria [10].

En el Trabajo II se propone una actividad integradora entre las Cátedras Análisis Matemático I y Física General II de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Se busca la aplicación de conceptos de física referidos a la ley de Faraday-Lenz relacionada con fenómenos electromagnéticos y a la transferencia de contenidos matemáticos para su interpretación y resolución, que tienen la forma sinusoidal. Entre los objetivos de los autores está articular e integrar los contenidos de ambas asignaturas [11].

En el Trabajo III se presenta un material didáctico diseñado por docentes de matemática y física para una experiencia de articulación basada en la vinculación de conceptos matemáticos y físicos. Se destaca cómo los procedimientos matemáticos aportan a la resolución de problemas que facilitan la integración de conocimientos. Consideran que las asignaturas relacionadas entre sí permiten mejorar el abordaje al conocimiento y evitar la

desconexión de saberes. Además que la interdisciplinaria es una herramienta para complementar la educación debido al reducido crédito horario de las asignaturas de los ciclos básicos [12].

En el Trabajo IV se relata la primera implementación de una propuesta interdisciplinaria que consistió en una actividad de articulación en la cual se relacionaron las funciones trigonométricas seno y coseno con el movimiento armónico simple. La actividad estuvo dirigida a estudiantes de primer año de ingeniería y se llevó a cabo en un aula de matemática con docentes de distintas disciplinas. En la propuesta se trabajó con la construcción de las gráficas de las funciones seno y coseno a partir de la circunferencia unidad, apoyándose del software GeoGebra. Además, se relacionaron las constantes asociadas a dichas funciones con las características de un sistema físico masa-resorte y un péndulo simple, que realizan un movimiento armónico simple, mediante una actividad experimental con uso de elementos tradicionales combinados con TIC. De la evaluación de la experiencia se puede concluir que a los estudiantes les resultó motivadora para el estudio de la matemática [13].

En el Trabajo V se resume la experiencia realizada en la cátedra Análisis Matemático I en 2019. En dicha actividad, a través del trabajo de laboratorio que los estudiantes debieron aprobar para promocionar la asignatura, se integraron contenidos de Física y de Geometría Analítica. Los autores destacan que el trabajo de laboratorio retomó profundizó contenidos de Física I y de Geometría Analítica. Si bien el diseño del laboratorio estuvo dentro de la cátedra de Análisis Matemático I, fue interdisciplinario. Tuvo como eje la integración horizontal y vertical con Física I, Álgebra y Geometría Analítica y Análisis Matemático II [14].

En el Trabajo VI se relata cómo se adaptó una actividad de articulación entre matemática y física que ya se había implementado en la presencialidad a la virtualidad durante la pandemia, con el objetivo de darle continuidad a las experiencias de articulación que se venían realizando. Se trabajó con la suma de vectores y se vincularon notaciones, simbología y lenguajes propios de cada disciplina. Se utilizó una simulación para reemplazar las actividades experimentales que se realizaban en la presencialidad. Se relata la actividad áulica virtual realizada entre las áreas de matemática y física, con estudiantes de ingeniería. Se hace un análisis valorando la opinión de los alumnos y el trabajo interdisciplinario entre docentes y se concluye sobre la necesidad de seguir generando este tipo de actividades [15].

En el Trabajo VII se relata una experiencia de taller dirigida a docentes y realizada en un Congreso sobre Enseñanza de la Matemática para Carreras de Ingeniería (EMCI). La propuesta fue vincular conceptos matemáticos con aspectos físicos, mediados por el uso de TIC. Específicamente, se relacionaron conceptos de cinemática con el análisis de una función de una variable. Se detalla el desarrollo del taller y se presentan los resultados de las encuestas que respondieron los asistentes. Para concluir, se realizan algunas reflexiones en cuanto a la implementación de este tipo de talleres el cual resultó satisfactorio y cumplió con las expectativas iniciales [16].

En el Trabajo VII se propone una actividad de articulación entre Matemática y Física para promover el aprendizaje significativo de los estudiantes, por medio de un curso-taller. Las asignaturas son Física II y Cálculo II y los temas a vincular son Ecuaciones Diferenciales con Circuito RC y Circuito RL. El trabajo es interdisciplinario entre docentes de dichas asignaturas. La metodología aplicada permite la comprensión de fenómenos físicos y la modelación matemática de los mismos [17].

V. CONCLUSIONES

En los trabajos que se analizaron se buscó determinar si docentes de distintas disciplinas trabajan en conjunto diseñando y realizando propuestas de articulación entre distintas áreas de conocimiento; en particular se indagó sobre la vinculación entre la matemática y la física.

A partir del análisis llevado a cabo, y de acuerdo al resultado del mismo en donde de sobre un total de 870 artículos, se encontraron 8 que solamente responden a las características buscadas, surgen algunos interrogantes: ¿por qué son pocos los trabajos de articulación interdisciplinaria entre matemática y física?, ¿los docentes de física no consideran necesario realizar articulación con docentes de matemática?, ¿los docentes de matemática no consideran necesario realizar articulación con docentes de física?, ¿cómo trabajan los docentes de física las dificultades asociadas a la matemática?, ¿no indagan el origen de dichas dificultades?, ¿cómo motivan los docentes de matemática a sus estudiantes de ingeniería?, ¿no lo creen necesario?, ¿enseñan la matemática de manera abstracta y formal?, ¿consideran que están enseñando matemática a futuros ingenieros?, ¿suponen que los estudiantes realizan la vinculación de los conceptos comunes a ambas áreas de manera natural sin necesidad del docente?

Algunas posibles respuestas podrían asociarse a la necesidad de cumplir con los contenidos mínimos de las asignaturas sin que quede tiempo para generar actividades de articulación, a que los docentes no están informados sobre los contenidos de otras asignaturas, a que los docentes de matemática pueden considerar que si no saben física no pueden participar en actividades de articulación, al desconocimiento por parte de los docentes que para que se produzca un aprendizaje significativo, el estudiante debe estar motivado, entre otras posibilidades.

Asimismo, muchas veces los docentes que enseñan matemática en la facultad de ingeniería no son necesariamente matemáticos. Son físicos, astrónomos, geofísicos, ingenieros, entre otros. Esto también podría ser un motivo para no encontrar actividades en donde docentes de matemática trabajen en conjunto con docentes de física, ya que estos últimos por su misma formación pueden brindarle a los estudiantes ejemplos del empleo de la matemática en la física. Sin embargo, esto es solamente una parte de lo que entendemos en este trabajo por articulación: que es aplicar la matemática a situaciones físicas concretas. Los 15 artículos que no tuvimos en cuenta en la Subcategoría C2 son ejemplos de estas situaciones.

En los 8 artículos que resumimos, observamos justamente que los docentes de las distintas materias trabajaron en conjunto diseñando e implementando la propuesta, más allá de sus propias formaciones.

En particular, al estar en una facultad de ingeniería, también creemos indispensable incluir en estas propuestas a docentes que son ingenieros, que son los que unifican la matemática y la física y la aplican a situaciones propias de la ingeniería. Por ello, consideramos que este tipo de actividades en las que participan docentes de distintas disciplinas enriquece las propuestas, mejora la enseñanza y favorece la apropiación del conocimiento por parte del estudiante.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación acreditado: “Articulación en la enseñanza de las Ciencias Básicas en carreras de Ingeniería”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

REFERENCIAS

- [1] Maravall Casesnoves, D., *Historias paralelas de la matemática y la física*, Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales **100**, 25-46 (2006).
- [2] Álvarez García, J. y Flores Sánchez, D., *La relación entre física y matemáticas a lo largo de la historia de Pitágoras a Galileo (parte I)*, Ciencias, México, DF, 98-114 (2014).
- [3] Valiente Márquez, J., Perera Cumerma, F. y Bermúdez Morris, R., *Sistema de actividades interdisciplinarias e integradoras en la física-matemática: un ejemplo en la práctica pedagógica interdisciplinaria en la carrera de ingeniería informática*, Revista Cubana de Educación Superior **41**, 1 (2022).
- [4] Rodríguez, M., *La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico*, NÚMEROS. Revista de Didáctica de las Matemáticas **77**, 35-49 (2011).
- [5] Santaló, L., *Matemática para no matemáticos*. En: Parra, C. y Saiz, I. *Didáctica de Matemáticas. Aportes y reflexiones*, (Paidós, Buenos Aires, 1994).
- [6] Torroba, P. y Trípoli, M., *Investigación sobre propuestas didácticas que incorporan actividades de articulación interdisciplinaria*, Revista de Enseñanza de la Física **30**, No. Extra, 235-240 (2018).
- [7] Moreira, M., *¿Al final, qué es aprendizaje significativo?* https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/13907/2/mod_resource/content/1/Aprend%20Signif%20Org%20P rev%20Mapas%20Conc%20Diagr%20V%20y%20UEPS_t exto.pdf#page=4. Consultado el 7 de septiembre de 2023.
- [8] Chrobak, R., *El aprendizaje significativo para fomentar el pensamiento crítico*, Archivos de Ciencias de la Educación **11**, 12 (2017).
- [9] Baudino, N., Velasco, J., Buteler, L. y Coleoni, E., *¿Cómo estudiamos el aprendizaje? Lo que dicen nuestros*

Torroba P. y Trípoli, M.

trabajos de investigación, Revista de Enseñanza de la Física **29**, No. Extra, 145-151 (2017).

[10] Hossian, A. y Cejas, L., *Hacia el uso de tópicos de las ciencias básicas en el marco de un proceso de diseño instruccional. Una aplicación en el campo de la ingeniería*, Libro de Actas del XX Encuentro Nacional y XII Internacional de Educación en Matemática en las Carreras de Ingeniería (EMCI), 3-11 (2017).

[11] Conte, D., Agnoli, S., Farías, S. y Pintos, S., *Una experiencia de integración articular utilizando TIC*, Libro de Actas del XX Encuentro Nacional y XII Internacional de Educación en Matemática en las Carreras de Ingeniería (EMCI), 604-612 (2017).

[12] Oliva, L., Chirino, A., Esteybar, I. y Correa, L., *Rotacional de un Campo Vectorial. Aplicaciones Físicas*, Libro de Actas del XXI Encuentro Nacional y XIII Internacional de Educación en Matemática en las Carreras de Ingeniería (EMCI), 282-289 (2018).

[13] Trípoli, M., Torroba, P., Devece, E. y Aquilano, L., *Funciones trigonométricas, periódicas y oscilatorias: una propuesta de trabajo interdisciplinario*, Libro de Actas del XXI Encuentro Nacional y XIII Internacional de Educación en Matemática en las Carreras de Ingeniería (EMCI), 335-344, (2018).

[14] De Santis, E., Rodríguez E., Pastorelli, S. y Casco, E., *Evaluación e Integración de contenidos de asignaturas del primer nivel de las carreras de Ingeniería. El Trabajo de laboratorio de análisis matemático I*, Libro de Actas del XXII Encuentro Nacional y XIV Internacional de Educación en Matemática en las Carreras de Ingeniería (EMCI), 281-291 (2021).

[15] Trípoli, M. y Torroba, P., *Física en Clases de Matemática en Pandemia: Suma de Vectores*, Libro de Actas del XXIII Encuentro Nacional y XV Internacional de Educación en Matemática en las Carreras de Ingeniería (EMCI), 234-241 (2022).

[16] Trípoli, M., Torroba, P., Devece, E. y Aquilano, L., *Taller para docentes: Articulando matemática y física*, Libro de Actas de VI Jornadas nacionales y II Latinoamericana de ingreso y permanencia en carreras científico-tecnológicas (IPECyT), 111-115 (2018).

[17] Chirino, S., Oliva, L. y Correa, R., *Una propuesta interdisciplinar entre física II Y cálculo II*, Libro de Actas de VII Jornadas nacionales y III Latinoamericana de ingreso y permanencia en carreras científico-tecnológicas (IPECyT), 169-176 (2020).