

Hacia una caracterización en la enseñanza experimental: enfoques y finalidades de propuestas empíricas en la enseñanza de la física

Towards an empirical teaching characterization: approaches and purposes of empirical proposals in physics teaching

Alberto J. Lescano¹, Erica F. Reisenauer¹, Rubén M. Acosta¹ y Jonás E. Alonso¹

¹Universidad Autónoma de Entre Ríos, Facultad de Ciencia y Tecnología, ruta provincial 11, km. 10,5, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

*E-mail: lescano.alberto@uader.edu.ar

Resumen

En este artículo presentamos un análisis de publicaciones relacionadas a propuestas orientadas a la enseñanza de la física, que se centran en actividades experimentales. Colocando el foco del análisis en la producción nacional, se revisaron los artículos de la Revista de Enseñanza de la Física (REF), de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA) publicados en el período comprendido entre 2009 y 2019. Esto incluye y representa una muestra local de este tipo de producciones en Argentina, debido a que son realizadas por docentes e investigadores en educación en física de nuestro país. Se describe la metodología abordada para el análisis de los artículos y se discuten los resultados obtenidos.

Palabras clave: Investigación educativa; Enseñanza de la física; Actividades experimentales; Propuestas didácticas; Educación científica.

Abstract

In this article we present an analysis of publications related to proposals aimed at teaching physics, which focus on experimental activities. Placing the focus of the analysis on national production, the articles of the magazine Revista de Enseñanza de la Física (REF), of the Association of Physics Professors from Argentina (APFA) published in the period between 2009 and 2019 were reviewed. This includes and represents a local sample of this type of productions in Argentina, because they are made by teachers and researchers in physics education in our country. The methodology for the analysis of the articles is described and the results obtained are discussed.

Keywords: Educational investigation; Physics teaching; Experimental activities; Didactic proposals; Scientific education.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia de la enseñanza de la física no sólo radica en la posibilidad de observación y experimentación sobre la realidad y del desarrollo de habilidades experimentales, sino también, en la posibilidad que brinda para relacionar teorías y diversos modelos con la experiencia; suministrando oportunidades para que los estudiantes tengan un acercamiento a cómo se construye el conocimiento científico (Hodson, 1994). De aquí es que resulta imprescindible destacar que, con respecto a la formación profesional, aporta a la construcción de competencias básicas, relacionando la

aplicación de conceptos como de procedimientos necesarios para llevar a cabo muchas de las tareas propias que surgen de la labor docente.

Dado el carácter experimental de la física, existe consenso en el papel fundamental que desempeñan sus prácticas de enseñanza y aprendizaje, basadas en actividades de laboratorio (Carrascosa, Gil Pérez y Vilches, 2006), en donde se incluyan situaciones problemáticas, mediante las cuales los estudiantes puedan interactuar con el docente, sus compañeros y los materiales (Jaime y Escudero, 2011) y, generen la necesidad de incorporar diversos recursos tecnológicos como el uso de dispositivos móviles como herramientas experimentales en las clases de física (Klein, Hirth, Gröber, Kuhn y Müller, 2014).

Por su capacidad para desarrollar el análisis y la demostración en la construcción del conocimiento científico, los trabajos prácticos de laboratorio (TPL), pueden comprenderse como recursos didácticos para la enseñanza de las ciencias experimentales. En este contexto, los TPL movilizan el desarrollo de competencias básicas, científicas e investigativas en cualquier nivel educativo, por cuanto el lugar de la experiencia resulta de fundamental importancia en procesos de aprendizaje de conceptos científicos. Podemos destacar que, los TPL contribuyen a fortalecer habilidades como la problematización, la indagación, el análisis de datos y variables, la explicación de fenómenos y la formulación de propuestas admisibles científicamente (Franco, 2011); y aportan a la función ilustrativa de los conceptos, así como en la interpretativa de las experiencias (Caamaño, 2005).

Estas experiencias de trabajo han facilitado el uso del instrumental y de las técnicas del laboratorio, lo que permite cumplir con la función investigativa asociada con el desarrollo de métodos para resolver diferentes cuestiones relacionadas con la construcción de modelos. Estas características permiten que, con el tiempo, se incluyan TPL en más prácticas destinadas a la enseñanza de las ciencias, lo que cobra especial importancia por desempeñar un papel relevante en la motivación hacia el estudio de las ciencias experimentales, para contribuir a la comprensión de los planteamientos teóricos de la ciencia y facilitar la comprensión del conocimiento científico y su significado, fomentando las actitudes fundamentales del conocimiento científico.

Destacando que los TPL se constituyen en un importante recurso didáctico, en donde la experimentación adquiere un lugar privilegiado en la investigación educativa, se ha podido evidenciar un aumento en el número de investigaciones desde múltiples perspectivas en torno a este tema. Por este motivo, el objetivo principal de este trabajo es identificar algunas de las principales características de las publicaciones enmarcadas en esta tendencia, en torno a las prácticas experimentales en la enseñanza de la física, tratando de explicar sus elementos constitutivos, para contribuir a una mejor comprensión de sus diferentes formas de aplicación. Desde esta perspectiva, buscamos contribuir a proporcionar un marco descriptivo, basado en el análisis bibliográfico, orientado a los diferentes enfoques de experimentación presentes en la literatura nacional, buscando responder preguntas que han surgido, tales como: ¿Qué características presentan las publicaciones realizadas en la REF de la APFA, que se enmarcan en propuestas experimentales, vinculadas a la enseñanza de esta disciplina?

II. SOBRE EL ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA PROPUESTA

La REF publica, cada año, dos números regulares y uno extraordinario. Este último recopila una selección de trabajos correspondientes a la reunión académica que la APFA haya organizado en ese período calendario: sea el Simposio de Investigación en Educación en Física, sea la Reunión Nacional de Educación en Física. El conjunto de trabajos está disponible en su página web y refleja una gran diversidad de enfoques y estrategias de enseñanza.

Para esta investigación, la muestra está compuesta por artículos publicados en la REF entre los años 2009 y 2019, del ámbito nacional, con eje principal en propuestas experimentales.

Considerando el período elegido, se procedió a realizar una revisión en orden cronológico ascendente. Se seleccionaron aquellos títulos relacionados con propuestas experimentales y fueron codificados, se obtuvo así una muestra de 54 artículos.

Luego, estos fueron analizados tratando de detectar diferentes aspectos metodológicos relacionados con las actividades experimentales desarrolladas. Esto dio lugar a diferentes categorías que emergieron de la información recopilada. Cada categoría de análisis se caracteriza por los elementos que se indican en la siguiente tabla.

TABLA I. Categorías de análisis implementadas en los artículos seleccionados de la REF en el período 2009-2019.

Categoría	Descripción
A. Enfoque de la propuesta	Se analizaron las propuestas para determinar si el foco de la actividad experimental estaba en facilitar la comprensión de un fenómeno físico, o si se trataba de un mecanismo experimental para obtener datos numéricos a partir de un procedimiento mediado por conceptos físicos. Nos encontramos que algunas de las propuestas contaban en cierta medida con ambos enfoques, de esto se desprenden tres clasificaciones: cualitativo, cuantitativo y mixto.
B. Intencionalidad de la propuesta	Se categorizaron los artículos según la finalidad de las actividades propuestas en función del carácter de comprobación o aplicación que presentaron.
C. Recursos utilizados	Se identificaron las diferentes selecciones en los recursos materiales que se presentan en las propuestas, destacando algunas tales como: el uso de equipamiento comercial de laboratorio, materiales de elaboración propia, simuladores, videos tutoriales, laboratorios remotos, entre otros.
D. Construcción de equipamiento	En esta categoría se registró si los artículos buscaban hacer explícito el montaje de ciertos equipos, abordando detalles involucrados en su fabricación y proporcionar posibles aplicaciones para ellos.
E. Nivel educativo	En esta categoría, se indica a qué nivel educativo está dirigida la propuesta de enseñanza, tomando como referencia los niveles primario, secundario y superior.
F. Contenidos abordados	Se enumeran los contenidos que aparecen como ejes temáticos en las propuestas analizadas, para poder determinar si existe preferencia hacia alguna rama en particular de la física.

Cabe destacar, que si bien se tenían algunas categorías previas iniciales (Araújo y Abib, 2003), que podrían surgir del análisis de los artículos seleccionados; estas se utilizaron con cuidado y como algo provisional hasta su posterior confirmación (o no), para no dejarnos llevar por la tendencia preestablecida y rotular la realidad con categorías impuestas (Martínez Miguélez, 2006a). Las verdaderas categorías que conceptualizan nuestra realidad (tabla I), emergen del estudio de la información que se obtuvo luego de realizar el proceso de categorización, contrastación y teorización de la información.

Para el análisis de la información, se procedió a utilizar técnicas de triangulación, tanto de datos como de investigadores, para encontrar puntos teórico-conceptuales comunes durante el análisis. Esta herramienta permitió analizar la variedad de datos, provenientes de los diferentes artículos y dialogar entre investigadores, con el objetivo de lograr resultados más completos en la comprensión de los datos estudiados (Martínez Miguélez, 2006b).

III. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS

A. Enfoque involucrado

Las diferentes formas de utilizar la experimentación encontradas en los diversos artículos fueron analizadas colocando el foco de observación en determinar si la actividad propuesta estaba centrada en facilitar la comprensión de un fenómeno físico, o si se trata de un mecanismo experimental para obtener datos numéricos a partir de un procedimiento mediado por conceptos físicos (Araújo y Abib, 2000). En ese sentido, se intentó verificar si las actividades experimentales eran propuestas destinadas a resaltar aspectos formales relacionados con teorías y modelos matemáticos, con posibles pronósticos y verificaciones de los mismos; o si fueron los aspectos cualitativos, metodológicos, conceptuales y fenomenológicos los que predominaron en el enfoque de las propuestas. De esta manera, las obras se agruparon en tres categorías distintas: cualitativa, cuantitativa o mixta, dando como resultado lo representado en la fig. 1. De los 54 artículos que se revisaron, la mitad de las propuestas experimentales que presentan en ellos están orientadas a obtener datos numéricos a partir de un procedimiento mediado por conceptos físicos. Solo el 13% de los trabajos enmarcaron sus propuestas en un enfoque cualitativo para facilitar la comprensión de un fenómeno físico específico. Con respecto a las propuestas experimentales que presentaron un enfoque mixto entre cualitativo y cuantitativo, se registró un 37% de artículos con propuestas que combinan ambas metodologías.

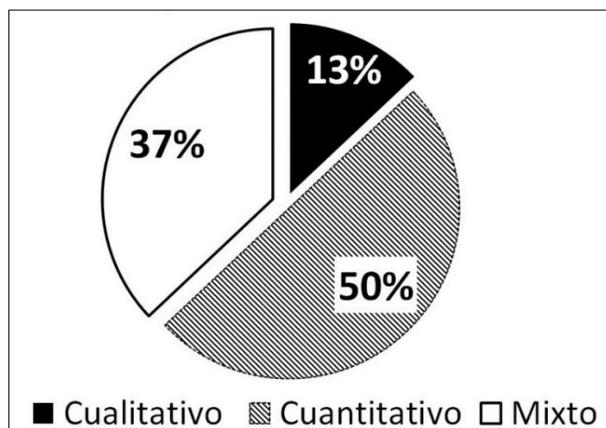


FIGURA 1. Distribución de los porcentajes de artículos según el enfoque de las propuestas experimentales que desarrollan, publicados en la REF, período 2009-2019.

B. Intencionalidad de las propuestas

Aclarando que el análisis se realizó sobre las propuestas experimentales desarrolladas, y no en la intencionalidad de la publicación en sí misma, destacamos que la mayoría de los experimentos que encontramos en las publicaciones, tienden a realizar una comprobación de conceptos teóricos en estas situaciones experimentales, y sólo un 13% de las experiencias (figura 2) se utilizaron para explicar las aplicaciones que pueden tener los fenómenos físicos, por ejemplo, en desarrollos tecnológicos, como puede ser el principio de funcionamiento de un transformador abordado desde contenidos de electromagnetismo.

Teniendo esto en cuenta es que se dividen las propuestas analizadas según la intencionalidad de los experimentos, entendiendo como actividades experimentales de comprobación a aquellas que utilizan el fenómeno físico que se presenta, para complementar el estudio de un determinado contenido teórico, sin profundizar en las implicancias tecnológicas que pueda tener. Por otro lado, denominamos como actividades de aplicación a aquellas que aprovecharon el estudio de los fenómenos físicos para desarrollar equipamiento, o bien explicar el funcionamiento de determinados aparatos.

No es nuestra intención entrar en la discusión epistemológica de los significados de los conceptos de comprobación y aplicación en propuestas de enseñanza fundamentadas en la experimentación. Nos limitaremos a implementarlos como categorías en las cuales agrupar a las diferentes propuestas, según el criterio explicado anteriormente.

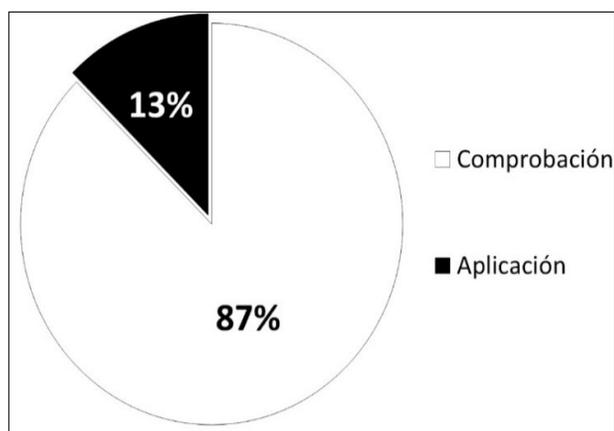


FIGURA 2. Distribución de los porcentajes de las publicaciones según la intencionalidad de la propuesta experimental, publicados en la REF, período 2009-2019.

C. Recursos utilizados

El constante uso de recursos asociados con la experimentación y la didáctica, ha permitido cada vez más incorporar diversas herramientas en los ambientes educativos, facilitando el surgimiento de material didáctico específico para la enseñanza de conceptos científicos y tecnológicos (Melo, Cardona, Cañada, y Martínez, 2018; Barrera Mesa, Fernández Morales y Duarte, 2017; Calderón y Aguirre, 2017). En vista de esto, entre los recursos utilizados por las propuestas de los diferentes artículos, podemos destacar los que se muestran en la fig. 3. En la categoría otros, se incluyeron aquellas experiencias en las cuales se involucran desarrollos con tecnología *Arduino*, dispositivos solares como termotanques, entre otros. Además, basándonos en las subcategorías que surgieron del análisis de las publicaciones, notamos que un 70,4% de trabajos solo proponen implementar un único tipo de recurso durante la actividad experimental y el 29,6% presentan más de uno de los recursos mencionados.

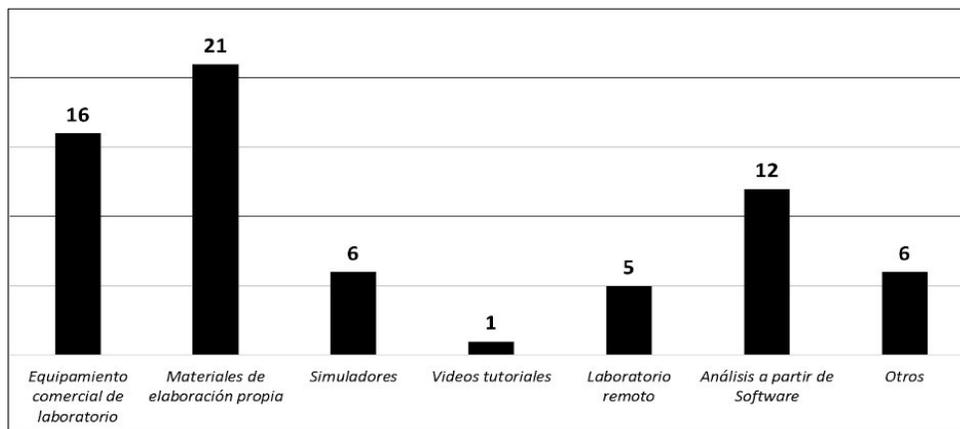


FIGURA 3. Número de propuestas según la utilización de determinados recursos durante actividades experimentales en publicaciones de la REF en el período 2009-2019.

D. Construcción de equipamiento

Reconociendo que la implementación de prácticas de laboratorio implica un proceso de enseñanza/aprendizaje facilitado y regulado por el docente, quien debe organizar ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes realizar acciones mediante el trabajo colaborativo, la indagación de diversas fuentes de información, la interacción con equipos e instrumentos, abordando soluciones desde un enfoque interdisciplinar (Espinosa Ríos, González López y Hernández Ramírez, 2016); es que en esta categoría, se registraron aquellos artículos que buscan hacer explícito el montaje de ciertos equipos, abordando detalles involucrados en su fabricación y que proporcionen posibles aplicaciones para ellos (tabla II).

Registrar esto es importante, ya que la construcción de equipos, puede ser de interés para otros docentes, profesionales o investigadores, que quieran implementar las propuestas en sus prácticas de enseñanza o investigación. Estas acciones contribuyen a fortalecer lazos entre comunidades que se dediquen o estén interesadas en la enseñanza experimental, mediada por prácticas de laboratorio.

TABLA II. Distribución de los artículos que realizan una propuesta explícita de construcción de equipamiento, en publicaciones de la REF en el período 2009-2019

Construcción de equipamiento	Número de trabajos	Porcentaje (%)
Si	18	33,3
No	36	66,7

E. Nivel educativo

Analizando los artículos que especifican a qué nivel educativo está dirigida la propuesta didáctica (figura 4), nos encontramos con que el 22% de la muestra seleccionada está orientada a la escuela secundaria y un 78% de propuestas se enfoca en el nivel superior (universitario o terciario). Esto refleja que la gran mayoría de investigadores o docentes que realizan este tipo de experiencias, enfocan sus propuestas de trabajo en el nivel superior. Estos resultados concuerdan con investigaciones locales (Buteler, Arriasecq, Pesa y Massa, 2019), que dan cuenta ello.

Cabe destacar que no se encontró ningún artículo (según nuestro enfoque de análisis) que exprese una propuesta dirigida al nivel primario. Asimismo, se destaca que tres artículos no especifican el nivel educativo al que están orientadas sus propuestas y tres artículos están dirigidos para implementarse tanto en el nivel secundario como superior.

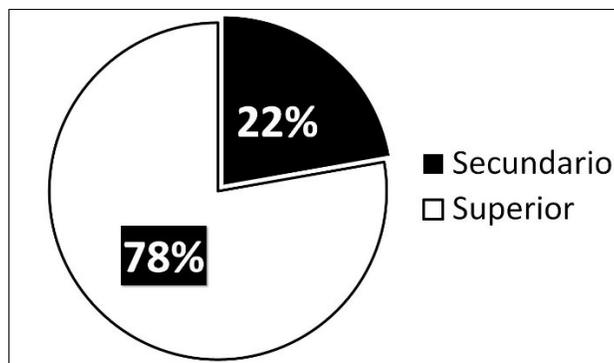


FIGURA 4. Porcentaje de publicaciones según el nivel educativo al que se dirigen sus propuestas experimentales, publicadas en la REF en el período 2009-2019.

F. Contenidos abordados

En este apartado enumeramos los contenidos que aparecen como ejes temáticos en las propuestas analizadas, para poder determinar si existe preferencia hacia alguna rama en particular de la física (figura 5). Podemos observar que la gran mayoría de los trabajos centra sus propuestas entorno al tratamiento de ondas, cinemática y dinámica. Estas tendencias a su vez están relacionadas en gran parte al estudio de estos fenómenos físicos en el nivel superior, principalmente en los primeros años de cátedras de física pertenecientes a carreras universitarias, donde la mayoría de los planes de estudio incluyen el estudio de la mecánica clásica como primer acercamiento al estudio de esta disciplina.

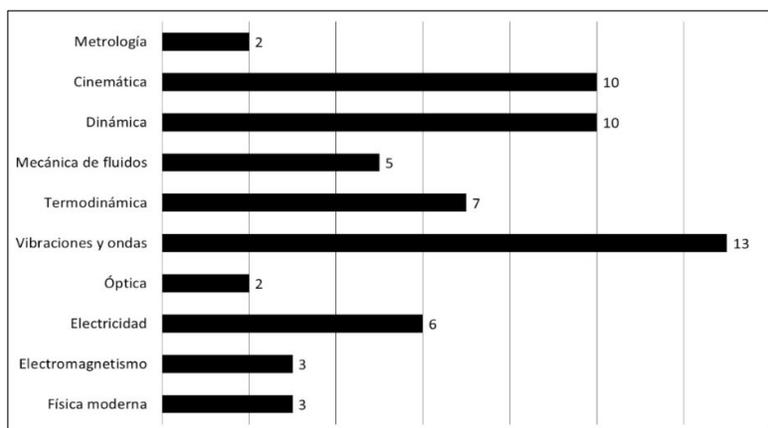


FIGURA 5. Cantidad de propuestas experimentales presentadas, según el contenido abordado en publicaciones hechas en la REF entre 2009-2019.

Cabe aclarar en este punto, que 5 de los 54 artículos examinados, realizan propuestas para el tratamiento de más de uno de los contenidos que se enumeran en la figura 5.

IV. CONCLUSIONES

Mediante este artículo, se intenta iniciar con una representación del panorama nacional de la enseñanza experimental en la Argentina, en función de sus características más relevantes. Si bien la muestra seleccionada no es representativa de una realidad total, que enmarque a la enseñanza de la física que se desarrolla en las aulas en los diferentes niveles educativos del país, quisimos en esta primera etapa, analizar las propuestas publicadas en la REF, para contar con un espacio muestral inicial que nos proporcione los primeros indicios sobre la situación de la enseñanza experimental de la física en diferentes sectores del país. Entendemos que este trabajo brinda una realidad parcial de situaciones, que sirve para continuar indagando y reflexionando sobre esta metodología de enseñanza.

Con respecto al análisis de los diferentes artículos, podemos decir que en la mayoría de las propuestas los diversos autores mencionan la idea de cambiar la forma “tradicional” en cuanto a cómo se desarrollan los trabajos prácticos de laboratorio, y aluden a que las guías de trabajo no deben ser simples recetas que se cumplan al detalle, sino que deben ser herramientas que permitan la reflexión crítica de los fenómenos físicos estudiados. Aquí es donde queremos destacar el rol de la comunidad educativa, por trabajar para garantizar experiencias de laboratorio que sean significativas para los estudiantes. En general, la gran mayoría de los autores de los artículos analizados, concuerdan en que la enseñanza experimental y los trabajos prácticos de laboratorio, presentan un gran potencial como herramienta didáctica en el aprendizaje y la enseñanza de la física.

Registramos, además, una creciente tendencia por elaborar material didáctico vinculado al empleo de sistemas para la adquisición de datos, que permiten el registro de diferentes variables, que luego pueden procesarse mediante *software* (Cardona y López, 2017). En su mayoría, estas propuestas se basan en experiencias con entorno *Arduino* y *software* libre, colocando énfasis en el uso de sensores y su interfaz, y no siempre en el fenómeno físico estudiado. Destacamos que estos artículos son muy interesantes para estudiantes y docentes que busquen la incorporación o el diseño de estas tecnologías en sus trabajos de laboratorio. Asimismo, cabe mencionar que, de los artículos analizados solo se encontraron pocas propuestas que aborden la enseñanza de la física basándose en materiales de elaboración propia o reciclados, y no muchos artículos se dedican a trabajar sobre la validación de guías prácticas que aborden la incorporación de trabajos alternativos, además de que solo unos pocos artículos basaron su investigación en el ámbito de la formación docente.

Analizando la finalidad de los artículos en general, independientemente de la propuesta experimental que desarrollan, observamos que un 36% del total se focaliza en el desarrollo de herramientas para la implementación de prácticas de laboratorio, centrándose en la descripción de la metodología experimental, el 25% se enfoca en propuestas de desarrollo de materiales, el 23% aborda el desarrollo de guías de trabajo para prácticas de laboratorio predefinidas y el 16% restante combina las tres finalidades antes mencionadas. Por otro lado, algunas pocas publicaciones contienen propuestas totalmente distintas a la mayoría: algunas analizan cómo el alumno logra el aprendizaje, otras proponen materiales alternativos para la enseñanza, plantean nuevos métodos de registro de datos, y otras indagan sobre las fortalezas y debilidades en la implementación de laboratorios remotos.

A modo de cierre, mediante la realización de esta revisión bibliográfica, se logra hacer un importante acercamiento en busca de representar el estado actual de las prácticas experimentales en la enseñanza de la física en nuestro país, siendo una valiosa oportunidad para reflexionar sobre la manera en que orientamos y pensamos la actividad experimental, generando espacios que propicien la participación y reflexión de una cantidad de actores de la enseñanza de esta disciplina, que pueda ir aumentando con el correr del tiempo. Principalmente teniendo en cuenta la notoria necesidad de innovación con la que nos encontramos desde hace varios años, y que se acentuó en gran medida a causa de la situación de emergencia sanitaria, que llevó a repensar las prácticas de enseñanza en todas sus formas.

REFERENCIAS

- Araújo, M. S. T. y Abib, M. L. V. S. (2000). Experimentação no ensino médio: Novas possibilidades e tendências. En *Caderno de Resumos do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Florianópolis, 27-31 março, Florianópolis, Brasil.
- Araújo, M. S. T. y Abib, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194.
- Barrera Mesa, C. E., Fernández Morales, F. H. y Duarte, J. E. (2017). Diseño de un ambiente de aprendizaje mediado por TIC para la enseñanza de operadores mecánicos orientado al grado séptimo de la educación básica, en el Colegio Boyacá de Duitama. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(30), 11-19.

Buteler, L., Arriasecq, I., Pesa, M. y Massa, M. (2019). La investigación en la educación en física: estado actual y nuevas perspectivas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(2), 5-15.

Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación Química*, 16(1), 10-19.

Calderón, C. L. y Aguirre, J. (2017). Las celdas solares como alternativa pedagógica en la enseñanza de la electricidad. *Momento*, (55), 44-56.

Cardona, M. E. y López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4).

Carrascosa, J., Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.

Espinosa Ríos, E. A., González López, K. D. y Hernández Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.

Franco, R. (2011). Competencias científicas y resolución de problemas en el IPN: una experiencia de aula. *Boletín PPdQ*, 48, 26-33.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 300-311.

Jaime, E. y Escudero C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 371-380.

Klein, P., Hirth, M., Gröber, S. Kuhn, J. y Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*. 49(4), 412-418.

Martínez Miguélez, M. (2006a). La Investigación Cualitativa (Síntesis conceptual). *Revista de investigación en psicología*, 9(1), 123-146.

Martínez Miguélez, M. (2006b). Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa. *Paradigma*, 27(2), 07-33.

Melo, L., Cardona, G., Cañada, F. y Martínez, G. (2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de Física en Colombia. *Revista mexicana de investigación educativa*, 23(76), 253-279.