

El uso de actividades experimentales simples para la enseñanza de geometría molecular: el caso de las cajas didácticas

The use of simple experimental activities for the teaching of molecular geometry: the case of the pedagogical boxes

Melissa Quesada-Solís^{1*} y Eric Montero-Miranda²

¹Colegio Experimental Bilingüe de Palmares, Ministerio de Educación Pública, Alajuela, Costa Rica.

²Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, San José, Costa Rica.

*E-mail: melissa.quesada.solis@gmail.com

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumen

Este trabajo muestra algunos de los resultados de una tesis de grado de la carrera Enseñanza de las Ciencias Naturales en la UNED de Costa Rica, sobre el análisis de las actividades experimentales simples (AES) como una estrategia para la enseñanza de la temática de geometría molecular en la asignatura de Química a nivel de educación media, desde la lógica del modelo del laboratorio extendido (MLE) empleando una AES denominada cajas didácticas. La estrategia se aplicó a 32 estudiantes de décimo nivel del Colegio Experimental Bilingüe de Palmares, donde se extrajo a través de una lista de cotejo y un cuestionario tipo Likert las apreciaciones de estos luego de desarrollar la AES propuesta. Los resultados arrojaron datos alentadores donde los estudiantes reconocieron una ganancia en el aprendizaje al realizar el estudio de la geometría molecular con la caja didáctica. Se destacaron la mejora de la capacidad de comprensión del tema, el fomento del componente experimental, el desarrollo de habilidades cognitivas y el desarrollo de procedimientos sensoriomotores. En conclusión, la propuesta supone una estrategia adecuada para el abordaje de la temática y un recurso que potencia los procesos de aprendizaje en los estudiantes.

Palabras clave: Actividad experimental simple; Caja didáctica; Aprendizaje de la química; Modelo del laboratorio extendido.

Abstract

This work shows some results of a degree thesis of the Teaching Career of Natural Sciences at the UNED of Costa Rica, on the analysis of Simple Experimental Activities (SEA) as a strategy for teaching molecular geometry in the subject of Chemistry at the secondary education level, from the logic of the Extended Laboratory Model (ELM) using an SEA called Pedagogical Boxes. The strategy was applied to 32 tenth-grade students from Liceo Experimental Bilingüe de Palmares, their appreciations were extracted through a checklist and a Likert-type questionnaire after developing the SEA proposal. The results showed encouraging data where the students recognized a gain in learning when they study molecular geometry with the Pedagogical Boxes. The improvement of the ability to understand the subject, the promotion of the experimental component, the development of cognitive skills and the development of sensorimotor procedures were highlighted. In conclusion, the proposal represents an adequate strategy for approaching the subject and a resource that enhances the learning processes in students.

Keywords: Simple experimental activity; Pedagogical boxes; Chemistry learning; Extended laboratory model.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han planteado en Costa Rica una serie de políticas para mejorar el sistema educativo en secundaria, con el fin de combatir los principales problemas como la deserción y el bajo rendimiento académico desde la educación media. En 2017 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos en su informe *Revisión de políticas nacionales de educación: educación en Costa Rica*, destacó entre sus principales hallazgos la necesidad de diversificar la educación en búsqueda de una integración de oportunidades de igualitarias para las personas estudiantes que propicien las oportunidades laborales (desarrollo de competencias) y de estudio a nivel superior. Como otros países de la región, el crecimiento de carreras de corte CTIM ha marcado el ritmo de muchas instituciones de educación superior y con esto, la demanda del componente experimental, que ha permitido, desde sus inicios, el desarrollo de habilidades deseables en los estudiantes de estas carreras (Programa Estado de la Nación, 2021). A pesar del auge en este tipo de titulaciones, se mantiene un rezago relacionado a las necesidades de infraestructura, equipamiento y recursos orientados al desarrollo de la actividad experimental (Pokoo-Aikins, Hunsu, y May, 2019).

En este sentido, es necesario que se establezcan mejoras en la forma en la que se abordan ciertos contenidos de las ciencias naturales, dada la complejidad que suponen las asignaturas que las conforman, la heterogeneidad de la población estudiantil que se atiende y los contextos desiguales que pueden marcar brechas de aprendizaje entre las personas estudiantes (Idoyaga *et al.*, 2020). Por otro lado, se ha estudiado desde hace décadas los aportes que el componente experimental brinda a los procesos de alfabetización científica desde tempranas edades de la etapa escolar de los estudiantes. Sin embargo, muchos profesores e instituciones no han explotado este componente debido a muchas de las carencias expuestas en el párrafo anterior.

La pandemia de la covid-19 no solo obligó a las instituciones a repensar sus procesos educativos, teóricos y prácticos, sino que dejó en evidencia el rezago que se ha arrastrado desde hace años en torno al desarrollo integral de los procesos de enseñanza de las ciencias naturales, donde se exhibe un notorio desbalance hacia los aspectos teóricos de estas disciplinas, dejando de lado las capacidades cognitivas que propician habilidades y luego competencias para la vida profesional de los estudiantes (Montero-Miranda *et al.*, 2022).

En medio de la Enseñanza Remota de Emergencia, que supuso una serie de medidas para dar continuidad a la actividad educativa, y las tendencias a explorar y explotar los recursos de la era digital y tecnológica, surge un modelo que de cierta forma establece un ecosistema sinérgico que permite desde modalidades híbridas recuperar el carácter experimental, o potenciarlo si fuera el caso, aprovechando estrategias para llevar adelante actividades experimentales en entornos educativos digitales, este es el modelo del laboratorio extendido (MLE, o simplemente, LE), gestado desde Argentina en 2020 (Idoyaga, 2022). El MLE posee la particularidad de permitir al estudiante moverse entre el mundo físico y el digital (espacio de interacción), estableciendo una sintaxis de interacción (seguir procedimientos), desde distintos niveles (complejidad), lo que establece un ecosistema que toma forma desde todas estas distintas interfaces (Scolari, 2018)

En la asignatura de química, muchos de estos procesos se vuelven complejos, dado que parte del conocimiento se construye a partir de procesos sistemáticos (estratificado) que dependerán de conceptos previos para entender los nuevos fenómenos que se presenten al avanzar en los contenidos (Lorenzo, 2020). Un ejemplo claro es el tema de geometría molecular, que, para su entendimiento, se requieren conocimientos previos del átomo y partículas subatómicas, enlace químico, regla del octeto y estructuras de Lewis. La complejidad del tema, en este sentido, requiere de estrategias que le permitan al estudiante entender, como se migra de una estructura en dos dimensiones (estructura de Lewis) a una estructura en tres dimensiones basada en un modelo que explica la disposición de los átomos y electrones en el espacio, modelo RPECV (modelos de repulsión de los pares electrónicos de la capa de valencia). Desde este análisis se plantea el cuestionamiento ¿Cómo se puede enseñar a un estudiante de educación media los contenidos de geometría molecular empleando estrategias no dependientes de las mediaciones pedagógicas teóricas?

Una forma de contestar esta pregunta es a través de la implementación de las cajas didácticas, que se tratan de una actividad experimental simple (AES) que permite a través de una serie de insumos de uso cotidiano (palitos de madera, plastilina, pintura, entre otros) el abordaje de los contenidos de la temática de geometría molecular a través de metodologías basadas en aprendizaje activo que permitan a estudiante “aprender haciendo”.

Desde esta premisa, este trabajo se enfoca en mostrar los principales resultados de la tesis desarrollada en la línea de las actividades experimentales simples como una estrategia para la enseñanza de la temática de geometría molecular en la asignatura de Química a nivel de educación media, desde la lógica del modelo del laboratorio extendido (MLE) empleando una AES denominada cajas didácticas y que se basa en una propuesta del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.

II. MARCO TEÓRICO

A. Metodologías de aprendizaje activo

Algunas de las concepciones de la enseñanza tradicional poseen la desventaja de que los estudiantes no pueden generar adecuadas conexiones entre conceptos, representaciones y fenómenos reales (McDermott, 2001). Estas prácticas posicionan al estudiante en un agente receptor y pasivo, centrando todo el proceso de enseñanza-aprendizaje en el profesor (Martínez Velásquez y Riveros Míguez, 2019). En este sentido, las metodologías de aprendizaje activo (MAA) se basan en métodos centrados en estudiante, donde el docente sea un guía y mediador pedagógico, propiciando que el estudiante realice experiencias de observación, medición, recolección y análisis de datos y permitan la construcción de conocimiento (Zapata *et al.*, 2012).

Un tipo de MAA es el que se encuentra en la metodología basada en indagación, la cual es congruente con los principios pedagógicos del socio constructivismo, que suponen el aprendizaje como un proceso continuo y progresivo, es decir, se encuentra en constante evolución, ya que, considera las experiencias, los sentimientos y los conocimientos previos de los estudiantes y toma en cuenta aquello que es capaz de hacer este por sí mismo y lo que sería capaz de hacer con la ayuda de los demás, para actuar en su realidad inmediata (Castillo-Rodríguez y Arguedas-Matarrita, 2020).

B. La actividad experimental en la química

La química es una ciencia que emplea un fuerte componente experimental, dado que la mayoría de teorías que explican un fenómeno requirieron de un experimento o ensayo en laboratorio para poder explicar su comportamiento natural. Sin embargo, siempre ha existido un divorcio marcado entre los abordajes pedagógicos teóricos y el desarrollo de experiencias que permitan la interconexión de los conceptos aprendidos en clase y los fenómenos naturales, evitando muchas veces que se cumplan los objetivos de aprendizaje propuestos (Hodson, 1994).

Desde una perspectiva holística, la actividad experimental es un componente ineludible en dentro de las Ciencias Naturales (Lorenzo, 2020), dado que permite generar conocimientos y el desarrollo de capacidades cognitivas deseables en los estudiantes, además, de que establece una relación sinérgica y reflexiva entre la teoría y el trabajo práctico (Arias Navarro y Arguedas-Matarrita, 2020). Desde un sentido teórico, las actividades experimentales permitirán a los estudiantes desarrollar habilidades sensoriales (Lorenzo, 2020) y el entendimiento de fenómenos desde niveles macroscópico y submicroscópico y que permitan una integración a las representaciones gráficas (Jonhstone, 2007).

En suma, el trabajo experimental hace referencia a dos tipos de procedimientos. Los primeros, que se basan en el reconocimiento fenómenos y el control de variables que permitan la toma de decisiones, se agrupan dentro de los procedimientos intelectuales (PI), y los segundos, que se basan en la modificación ejercida sobre un sistema por acciones motrices y la percepción, a través de los sentidos, de los cambios generados en el sistema o sus alrededores a raíz de la acción aplicada, hacen referencia a los procesos sensoriomotores (PS) (Idoyaga *et al.*, 2020 y Lorenzo, 2020).

C. Las Actividades experimentales simples

Como se ha mencionado, el LE es un modelo que permite la integración de estrategias pedagógicas orientadas al desarrollo de la actividad experimental mediadas en entornos digitales. Idoyaga *et al* (2020) plantean diversos tipos de actividades, donde destacan las simulaciones, laboratorios móviles (LM), laboratorios virtuales (LV), laboratorios remotos (LR) y las actividades experimentales simples (AES) que son el centro de los experimentos caseros y poseen muchas similitudes con las actividades que se realizan en los laboratorios tradicionales, con la particularidad de que las AES son más sencillos y seguros, además, no requieren una infraestructura y equipo especializado para su desarrollo y en general son de bajo costo (Idoyaga, 2022).



FIGURA 1. a) Caja didáctica empleada en la experiencia; b) muestra de algunas moléculas que se pueden armar con este recurso. H₂O (arriba), AlCl₃ (abajo) y CO₂ (derecha) La simbología del color de las esferas se puede consultar en la tabla I.

En esta línea, las cajas didácticas son consideradas AES, ya que se trata de un kit conformado por una caja de cartón que contiene diversos materiales de uso común como la plastilina, palitos y paletas de madera, y materiales reciclados. En este sentido, las cajas didácticas se presentan como un recurso para la construcción de moléculas, similar a los kits preexistentes de uso comercial, pero con la versatilidad de que los componentes son de fácil acceso y de bajo costo con respecto a los que ofrece el mercado.

III. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para analizar las AES como una estrategia para la enseñanza de la temática de geometría molecular en la asignatura de Química a nivel de educación media, desde la lógica del modelo del laboratorio extendido (MLE) empleando el recurso de las cajas didácticas, responde a un enfoque mixto con un diseño anidado concurrente de modelo dominante del enfoque cualitativo. En este apartado se describe el contexto de la indagación, los participantes, la recolección y el análisis de datos.

A. Contexto

Esta investigación se desarrolló en la asignatura de química en el Colegio Experimental Bilingüe de Palmares, situado en la provincia de Alajuela, Costa Rica, durante el II período del curso lectivo 2021 y contó con la participación de 32 estudiantes de décimo nivel de este centro educativo. La actividad se planteó en tres etapas. La primera, que constó de dos semanas, donde se estableció la mediación pedagógica presencial en la que se explicó los conceptos clave para entender la temática de estructuras de Lewis, geometría molecular y teorías de enlace; la segunda etapa (una semana), donde se explicó el armado y codificación de los componentes de la caja didáctica (tabla I) y se entregó y explicó la secuencia didáctica a utilizar para la actividad con la caja didáctica. La semana posterior se realizó la experiencia. Finalmente, y luego de desarrollar la actividad se aplicaron dos instrumentos de recolección de datos basados en una lista de cotejo, y un cuestionario tipo Likert y una pregunta abierta.

TABLA I. Simbología de color para la formación de estructuras químicas.

<i>Elemento</i>	<i>Color</i>	<i>Cantidad de piezas</i>	<i>Elemento</i>	<i>Color</i>	<i>Cantidad de piezas</i>
Hidrógeno	Blanco	5	Boro	Celeste	1
Halógenos	Verde claro	5	Silicio	Dorado	1
Metal o no metal	Rosado	5	Fósforo	Naranja	1
Carbono	Negro	4	Arsénico	Morado	1
Nitrógeno	Azul	3	<i>Enlaces</i>	<i>Color</i>	<i>Cantidad</i>
Oxígeno	Rojo	3	Simple, dobles o triples	Plateado	20
Azufre	Amarillo	1	Electrones libres	Café	10

B. Recolección de datos

Para la recolección de los datos se diseñaron y aplicaron dos instrumentos. El primero, una lista de cotejo, que fue aplicada por parte del docente durante el desarrollo de la actividad experimental y tuvo como objetivo conocer los aspectos relacionados a la promoción de habilidades a través de la observación de los grupos analizando el trabajo en equipo, el uso del recurso lúdico y la motivación que este genera en los participantes, y el interés expresado al realizar la experiencia. Este instrumento incluyó dos observaciones en las que se tomó nota respecto a enunciados relacionados con las habilidades mostradas por los estudiantes al armar los compuestos según lo solicitado en la guía, la integración de estos en las dinámicas propias de actividades lúdicas que representa este recurso, la motivación y participación de los estudiantes, así como el trabajo colaborativo, el desempeño durante el desarrollo de experiencia y el interés mostrado por los estudiantes.

El segundo instrumento, se trató de un cuestionario tipo Likert y se aplicó a los estudiantes participantes una vez concluida la experiencia y se enfocó en recabar la percepción de estos en torno al aprendizaje significativo y las competencias adquiridas al emplear el recurso de la caja didáctica. El cuestionario constó de 11 enunciados tipo Likert sobre el interés de los estudiantes en la actividad (E1 y E2), la promoción de procesos sensoriomotores (E4 y E5), desarrollar nuevos conocimientos (E5 y E6), promover el aprendizaje de conceptos (E7, E8 y E9) y el fomento de procedimientos intelectuales (E10 y E11). Los enunciados estaban vinculados a un grado de acuerdo entre 1 y 4. Siendo 1

totalmente en desacuerdo, 2 parcialmente en desacuerdo, 3 parcialmente de acuerdo y 4 totalmente de acuerdo. La tabla II muestra los enunciados propuestos.

TABLA II. Enunciados utilizados en el cuestionario.

<i>Código / Enunciado</i>	<i>Código / Enunciado</i>
E1. Le pareció una actividad interesante.	E7. Le parece que aplicar la actividad logro relacionar la teoría y la práctica.
E2. Considera que es una actividad creativa que incentiva el aprendizaje.	E8. Le parece una herramienta buena para lograr un aprendizaje significativo con la materia.
E3. Aprendió sobre el tema al manipular y experimentar con la caja didáctica.	E9. Considera que la aplicación de las cajas didácticas es una actividad que le permite mejorar el aprendizaje sobre el tema.
E4. Considera que la actividad incentivo su capacidad visual y motora.	E10. Considera que mejoró su capacidad de analizar las estructuras propuestas.
E5. Fue sencillo adquirir los conocimientos del tema.	E11. Considera que podría ayudar a reconocer las estructuras de una mejor forma.
E6. Considera que puede aplicar los conocimientos aprendidos en este tema y relacionarlo con otros afines.	

Además, se planteó una pregunta abierta sobre la idoneidad del recurso como estrategia para el aprendizaje de la temática expuesta: ¿Considera que esta estrategia de aprendizaje es adecuada para el tema desarrollado en la asignatura?

La participación en este estudio fue voluntaria y no modificó el desarrollo normal de las actividades académicas y contó con el consentimiento informado de los estudiantes, además todos los datos fueron tratados de forma confidencial y codificados para mantener la identidad de los participantes.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Las observaciones obtenidas a partir de la aplicación de la lista de cotejo durante el desarrollo de la experiencia con la caja didáctica permitieron establecer que los estudiantes pudieron ejecutar los procedimientos solicitados sin ninguna complicación. También, se estimó que pudieron trasladar las representaciones desde una estructura bidimensional (estructura de Lewis) a una tridimensional con ayuda de los materiales de caja didáctica, lo que supone una apropiación de los modelos preexistentes para crear nuevo conocimiento (Lorenzo, 2020). Esto refuerza la observación donde se acotó que los estudiantes comprendieron los procedimientos que ejecutaron y aprendieron los conceptos relacionados a la temática.

Por otro lado, se estableció que el recurso cumple con las características de una actividad lúdica y propició la participación y trabajo grupal, motivando los procesos de aprendizaje de los estudiantes, al mismo tiempo que despertó el interés de los estudiantes por el tema de geometría molecular y las teorías que lo sustentan.



FIGURA 2. Estudiantes trabajando en la construcción de moléculas con la caja didáctica desarrollada para el abordaje del tema de geometría molecular.

Con respecto a la aplicación del cuestionario luego del desarrollo de la experiencia, se observó un alto nivel de acuerdo con respecto a los enunciados tipo Likert tendientes a analizar cada uno de los aspectos categorizados. Esto evidencia que la caja didáctica se presenta como una propuesta atractiva (E1 y E2), que, como ya se mencionó motiva a los estudiantes a aprender los conceptos relacionados con la temática de geometría molecular (E7, E8 y E9), al mismo tiempo que promueve el desarrollo de procedimientos intelectuales (PI) como el reconocimiento y el análisis (E10 y E11) de las estructuras construidas; y procedimientos sensoriomototes (PS) de acción y observación (E3 y E4), que, desde una visión integral permiten la construcción y apropiación del conocimiento (E5 y E6).

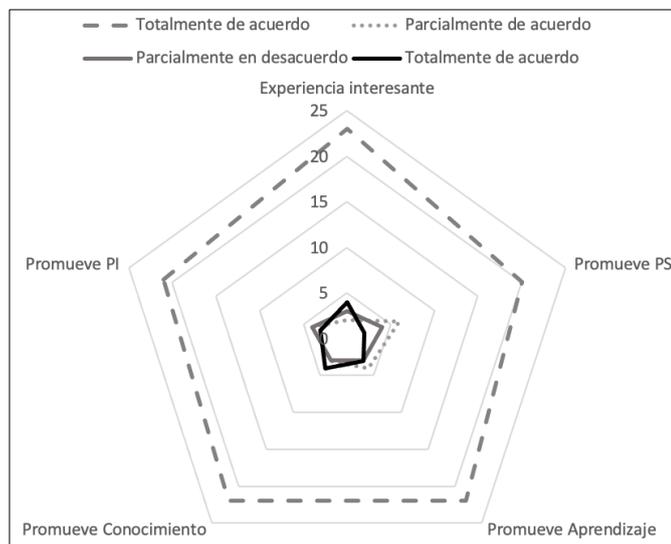


FIGURA 3. Frecuencias absolutas obtenidas para el promedio del grado de acuerdo de la categorización de los enunciados estudiados.

Finalmente, al analizar las respuestas brindadas en la pregunta de respuesta abierta se encontró que los estudiantes valoran la experiencia con las cajas didácticas como una estrategia adecuada para el abordaje de la temática de geometría molecular. En este espacio se detallan algunas de las apreciaciones de los estudiantes al respecto.

Se enfatiza en el aprendizaje e interpretación de conceptos como la estructura de Lewis y su diferencia con la geometría molecular.

Estudiante 1: *“...se facilita el aprendizaje, entendiendo a fondo los procesos tanto de la estructura de Lewis como de la geometría molecular de cada uno de los compuestos”.*

También, los estudiantes reconocen sus características heterogéneas, al exponer la diversidad de capacidades para aprender y encuentran en las cajas didácticas un recurso que puede disminuir esas brechas educativas.

Estudiante 7: *“...emplear técnicas más didácticas como lo es la caja, es una gran manera de aprender, ya que muchas personas tienen diferentes maneras de aprender...”*

Además, se establece la capacidad lúdica del recurso, siendo atractivo para el estudiante.

Estudiante 3: *“...Se utilizan métodos más llamativos y no se centra en aprender solo teóricamente.”*

Por otro lado, se destacan las MAA a través de este recurso, ya que es el estudiante el que aprende construyendo las moléculas.

Estudiante 14: *“...se puede trabajar con materiales y participar más activamente... podemos realizar las estructuras y tener una idea más clara de lo que se nos explica...”*

A partir de estas perspectivas se puede inferir que las cajas didácticas son un recurso lúdico atractivo para el estudiante desde el punto de vista visual, donde atrae la atención del usuario con un nivel de interacción simple (característico de las AES) y con un

V. CONCLUSIONES

Los resultados permiten llegar a la conclusión de que las cajas didácticas son un recurso de fácil implementación, de un bajo costo y con la capacidad estratégica de abordar la temática de geometría molecular a nivel de educación media, dado que permite establecer la relación y el paso desde un modelo bidimensional como el establecido en las estructuras de Lewis hasta interpretarlo representacionalmente en modelos más complejos como el de RPECV.

Además, los estudiantes estiman que el recurso es interesante y apto para el aprendizaje de los conceptos desarrollados en esta temática, ya que les permite una participación más activa con una mayor ganancia de conocimiento.

En suma, el estudio basado en el grado de acuerdo permitió establecer que las cajas didácticas fueron bien aceptadas por los estudiantes, debido a su atractivo como recurso pedagógico lúdico, la capacidad de propiciar el conocimiento y promover procedimientos intelectuales y sensoriomotores deseables en las asignaturas de ciencias naturales y necesarios para la futura formación profesional.

Este estudio sienta las bases para el desarrollo de otros trabajos con un enfoque de metodologías de aprendizaje activo empleando recursos asociados a las actividades experimentales simples, y sobre todo, en la asignatura de química a nivel de educación media. La importancia de estos estudios es que permiten mejorar y disminuir los rezagos educativos entre la educación media y la superior, al mismo tiempo que promueve las carreras de corte científico y el desarrollo de la actividad experimental en la región.

V. PROSPECTIVAS

La pandemia por la covid-19 mostró muchas de las falencias con las que cuenta el sistema educativo, no solo en Costa Rica, sino en la región. A partir de este hecho histórico se han planteado diversas estrategias para afrontar las necesidades educativas emergentes. Desde la implementación de las acciones para sostener la educación en el marco de la Enseñanza Remota de Emergencia, hasta la creación de modelos educativos robustos como el del laboratorio extendido, ha contribuido a los cambios de la concepción de la educación dependiente de un espacio físico para migrar a entornos híbridos. Sin embargo, es necesario que las instituciones y entes gubernamentales modifiquen las políticas y el currículo educativo para fomentar la actividad experimental aplicando estrategias y recursos como el presentado en este trabajo.

REFERENCIAS

- Arias Navarro, E., Arguedas-Matarrita, C (2020). El trabajo experimental en la enseñanza de la Física en tiempos de pandemia mediante el uso de la aplicación II Ley de Newton en la UNED de Costa Rica. *Revista Innovaciones Educativas*, 22(Especial), 103-114. <https://doi.org/10.22458/ie.v22iespecial.3204>
- Castillo-Rodríguez, K. y Arguedas-Matarrita, C (2020). El aprendizaje bajo la metodología por indagación con un programa de análisis de video: El caso de Tracker. *Latin American Journal of Science Education*, 7, 1-13. http://www.lajse.org/may20/2020_12008.pdf
- Hodson, D (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12(3), 299-313.
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Nahuel Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A. L (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26. <https://campouniversitario.aduba.org/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Johnstone, A. H (2007). Science education: We know the answers, let's look at the problems. *Proceedings of the 5th Greek Conference "Science education and new technologies in education"*, 1, 1-11.
- Lorenzo, M (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, 21, 15-34. <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>.
- Martínez Velásquez, N. Y. y Riveros Míguez, S. I (2019). La enseñanza de caída libre bajo la metodología de aprendizaje activo. *Revista Facultad de Ciencias Tecnológicas*, 45, 35-56. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n45/0121-3814-ted-45-00035.pdf>
- McDermott, L. C (2001). Oersted medal lecture 2001: "Physics education research—the key to student learning". *American Journal of Physics*, 69(11), 1127-1137. <https://doi.org/10.1119/1.1389280>
- Pokoo-Aikins, G.A., N. Hunsu, N., & May, D (2019). Development of a Remote Laboratory Diffusion Experiment Module for an Enhanced Laboratory Experience. In: *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Covington, KY, USA, 2019*, 1-5, <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028460>.

Programa Estado de la Nación (2021). *Octavo Informe del Estado de la Educación. Cap. 4.: Competencias digitales docentes para integrar las TIC en el aula*. San José, Costa Rica.

Scolari, C. A. (2018). *Las Leyes de la Interfaz. Diseño, ecología, evolución, tecnología*. Barcelona: Gedisa.

Zapata, J., Moreno, N., Badillo, R., Rosero, S., Flórez, Y. y Rodríguez, L (2012). Enseñanza del magnetismo en la formación inicial de profesores un abordaje desde el aprendizaje activo. *Revista Virtual EDUCyT, Extra*. 185-202. <https://docplayer.es/17101128-Ensenanza-del-magnetismo-en-la-formacion-inicial-de-profesores-un-abordaje-desde-el-aprendizaje-activo.html>