



JUAN CAMILO VÉLEZ RUIZ

Universidad Católica de Oriente, docente de tiempo completo.

Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.



jcvelez@uco.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-1426-5064>

RITA ISABEL VÉLEZ-RUIZ

Universidad EIA, docente de cátedra.

Escuela de Ingeniería y Ciencias Básicas.



ritaisavelez@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8717-7073>

LABORATORIOS VIRTUALES, HERRAMIENTAS DE APOYO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

VIRTUAL LABORATORIES, SUPPORT TOOLS FOR THE
TEACHING OF NATURAL SCIENCES

JUAN CAMILO VÉLEZ RUIZ
RITA ISABEL VÉLEZ-RUIZ

RESUMEN

Esta investigación se planteó caracterizar la forma en la que los estudiantes universitarios aprenden Ciencias Naturales mediante prácticas virtuales a través del diseño e implementación de una propuesta metodológica que capte el sentir y pensar de los estudiantes al respecto. Para ello, se aplicó un proceso de codificación abierta, axial y selectiva para determinar categorías emergentes. Del proceso de codificación surgieron las categorías: Pensamiento Crítico-Analítico, Prácticas Virtuales y Construcción de conocimiento a partir de la indagación, como los ejes temáticos centrales alrededor de los cuales gira la investigación. Luego de aplicar la secuencia didáctica es posible concluir que las prácticas virtuales son una opción para el componente didáctico-práctico propio

de las Ciencias Naturales debido a que éstas garantizan seguridad, repetibilidad y economía, pero en la voz de los estudiantes, éstas no reemplazan las prácticas presenciales.

PALABRAS CLAVE

Educación virtual, laboratorios virtuales, TIC, enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales

ABSTRACT

This research aimed to characterize the way in which university students learn Natural Sciences through virtual practices through the design and implementation of a methodological proposal that captures the feelings and thoughts of students in this regard. To do this, an open, axial and selective coding process was applied to determine emerging categories. From the coding process, the categories emerged: Critical-Analytical Thinking, Virtual Practices and Construction of knowledge from inquiry, as the central thematic axes around which the research revolves. After applying the didactic sequence, it is possible to conclude that virtual practices are an option for the didactic-practical component of Natural Sciences because they guarantee security, repeatability and economy, but in the voice of the students, they do not replace the face-to-face practices.

KEY WORDS

Virtual education, virtual laboratories, ICT, teaching-learning in Natural Sciences

INTRODUCCIÓN

La implementación de metodologías de enseñanza-aprendizaje, así como en el uso de herramientas virtuales, y el diseño de currículos particulares para la virtualidad en las Ciencias Naturales no son un tema nuevo, sin embargo, investigaciones recientes destacan las ventajas de estas técnicas para los estudiantes universitarios de hoy, considerados nativos digitales. La importancia de este tema radica entonces en que las Ciencias Naturales contienen tanto un componente teórico como uno práctico y es la articulación de ambos aspectos lo que facilita el entendimiento de los conceptos y procesos propios de estas áreas de la ciencia.

En el contexto nacional e internacional, los laboratorios virtuales en las Ciencias han sido objeto de estudio. En Colombia, Hernández Doria et al. (2014) evaluaron su implementación en instituciones de bachillerato público centrándose en su impacto en la participación, motivación y desempeño de los estudiantes. Por su parte, Germán Cruz González (2016) utilizó laboratorios virtuales de Botánica para la enseñanza en una entidad pública de bachillerato. En 2017, Ortiz et al. desarrollaron material didáctico que utilizaba la virtualidad para mejorar el aprendizaje de Química General en estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Caldas, con un enfoque en carreras relacionadas con Biología y Química. Más recientemente, Villa Uribe (2019) introdujo el concepto de "*Blended Learning*" para fomentar la indagación en Ciencias Naturales, centrándose en estudiantes de grado 11 en una institución educativa oficial en Medellín.

Según el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en Colombia (2004), las prácticas de laboratorio son esenciales para la formación de científicos en Ciencias Naturales y Sociales. Esto implica que en la educación de Ciencias Naturales en Colombia, se enfatiza la importancia de la práctica para la comprensión y aplicación de conceptos teóricos. En un curso universitario de Ciencias Naturales, es crucial combinar componentes teóricos y prácticos, ya que la construcción del conocimiento científico requiere la integración de estos elementos (Hofstein & Lunetta, 2004).

La Universidad Católica de Oriente (UCO) y la Universidad EIA (EIA) incluyen en sus currículos académicos asignaturas propias de las Ciencias Naturales como parte fundamental de los procesos de aprendizaje y profesionalización de los estudiantes. Siendo ambas instituciones de educación superior privadas, las características propias de la comunidad estudiantil que las conforman se asemejan en algunos aspectos, pero a su vez se diferencian particularmente en la vocación más dirigida hacia las ingenierías en la Universidad EIA en comparación con la Universidad UCO que es más diversificada en la oferta de sus programas educativos.

En ambas universidades, las asignaturas de Ciencias Naturales (Biología, Química, Microbiología, Física, Botánica, entre otras) han tradicionalmente implicado prácticas presenciales, enfocándose en experiencias físicas con objetos y equipos de estudio. Algunas asignaturas ni siquiera han incorporado un componente práctico en su diseño curricular. Iniciativas para implementar laboratorios virtuales han surgido de manera individual por parte de profesores, sin un respaldo institucional en términos de directrices pedagógicas.

Por lo tanto, consideramos que es necesario innovar en las metodologías de enseñanza-aprendizaje y en la implementación de herramientas virtuales. Además, se debe diseñar currículos específicos para entornos virtuales, fomentando la participación activa de los estudiantes en su proceso de adquisición de conocimientos. Creemos que no es imperativo depender de ubicaciones físicas para consolidar el aprendizaje, y es en este contexto donde los entornos virtuales se perfilan como soluciones viables.

La presente propuesta se fundamenta a partir de referentes conceptuales que denominamos categorías iniciales, las cuales abordan los temas teóricos desde los que partió el presente estudio. Las prácticas de enseñanza de las Ciencias, incluyendo las Ciencias Naturales, han enfrentado dificultades para despertar el interés de los estudiantes (Matthews, 2017). Este desafío es más pronunciado ya que las Ciencias Naturales forman parte de la mayoría de las carreras universitarias, lo que demanda métodos efectivos y motivadores (Benavides & Calvache, 2021). Por su parte, la indagación en Ciencias Naturales se ha centrado en el método científico

(Benavides & Calvache, 2021). No obstante, la enseñanza debe considerar la dinámica actual y la interconexión. La integración de las TIC en clases prácticas puede ser valiosa ya que los estudiantes están familiarizados con estas herramientas (Infante Jiménez, 2014). Finalmente, la evaluación en Ciencias Naturales suele enfocarse en pruebas de memorización, aunque debe promover la reflexión (Pósito de Roca, 2012).

Es por esto que esta investigación se enfoca en cómo las prácticas virtuales benefician el aprendizaje en Ciencias Naturales en dos universidades. El objetivo es proponer una metodología que utilice laboratorios virtuales para fomentar el pensamiento analítico de los estudiantes en estos programas. Comenzamos consultando a los estudiantes para comprender cómo están aprendiendo en entornos virtuales y diseñamos una metodología basada en sus percepciones.

MÉTODO

Para esta investigación, optamos por la Investigación Acción Educativa (IAE) propuesta por Kemmis, Carr y McTaggart, basada en la epistemología de Habermas y la teoría crítica, además del enfoque cualitativo debido a que éste se centra en los comportamientos y pensamientos humanos en el ámbito educativo. Como Rodríguez Sosa (2005) señala, es esencial abordar estos aspectos desde las individualidades y particularidades de cada sujeto en lugar de generalizar. El enfoque cualitativo garantiza que los resultados consideren el contexto y la realidad social, compartida por todos los participantes en la interacción social (Torres Carrillo, 1999).

Para esta investigación, se recopiló información de estudiantes mayores de edad en asignaturas de Ciencias Naturales en las Universidades EIA y UCO interesados participar de la misma. Se inició con una encuesta diagnóstica para comprender su experiencia con clases de Ciencias Naturales en entornos virtuales. Luego, se realizaron entrevistas narrativas, talleres y análisis de documentos de manera coordinada en la secuencia didáctica propuesta para recopilar información y fomentar la interacción de los participantes en la investigación.

El taller como técnica promovió la interacción de los estudiantes mediante la generación de dudas y discusión de conceptos teóricos vistos en clases, así como aquellos de su formación previa y experiencias personales. La entrevista narrativa facilitó la obtención de perspectivas variadas de los participantes (Latorre, 2004) sobre las prácticas de laboratorio virtuales. El análisis de informes de laboratorio buscó evaluar la eficacia de la metodología en la adquisición y aplicación de conceptos en Ciencias Naturales.

La información obtenida se analizó a través de codificación abierta, axial y selectiva para identificar categorías emergentes que giran en torno al tema de la investigación. Luego, se trianguló la información recopilada con la bibliografía relevante. Los hallazgos se relacionaron con las categorías emergentes, y se realizó un análisis conclusivo sobre la metodología implementada, que se refleja en las conclusiones de este documento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los hallazgos clave de las intervenciones realizadas a los estudiantes de diferentes asignaturas de las Ciencias Naturales en las universidades UCO y EIA. Se partió de un diagnóstico inicial para definir categorías iniciales que fundamentaron el diseño de la secuencia didáctica aplicada. Estas categorías dieron lugar a ejes temáticos que permitieron analizar los resultados de la investigación.

Las categorías emergentes resaltaron el papel de los laboratorios virtuales como herramientas que promueven el aprendizaje analítico y autogestionado en asignaturas de Ciencias Naturales a nivel universitario.

La primera categoría central emergente, denominada Pensamiento Crítico-Analítico, surgió a partir de la integración de la teoría con la observación, el conocimiento previo, la experimentación y la búsqueda de información. Esto permitió a los estudiantes analizar la información y tomar una posición crítica frente a la teoría.

La segunda categoría central emergente, llamada Prácticas Virtuales, se relaciona con la integración del componente teórico y práctico a través de un enfoque autónomo, responsable y autoevaluativo. Los estudiantes buscan material adicional de manera independiente para comprender las prácticas.

La tercera categoría central emergente, denominada Construcción de Conocimiento a partir de la Indagación, se relaciona con el desarrollo de habilidades cognitivas y de pensamiento a través de la indagación. Los estudiantes interpretan resultados y obtienen conclusiones a partir de su interés y descubrimiento, poniendo a prueba la teoría y a sí mismos en la elaboración de informes de prácticas. Esta capacidad es común en todas las Ciencias Naturales.

PENSAMIENTO CRÍTICO-ANALÍTICO

El pensamiento crítico-analítico representa un aspecto clave en la didáctica de la enseñanza de las CN ya que, a través de la experimentación lograda durante las prácticas virtuales, los estudiantes conectan lo que saben, con lo que observan y lo que logran concluir.

El aprendizaje práctico es crucial en las Ciencias Naturales, y las prácticas virtuales han mejorado las habilidades analíticas de los estudiantes, ya que a menudo sienten la necesidad de investigar más allá de las clases o de lo experimentado. Los informes de laboratorio se utilizan como una herramienta que permite documentar los resultados de la actividad teórico-práctica a manera de experiencia individual. Las afirmaciones de los estudiantes apuntan a esto de la siguiente manera:

"sí, porque... y uno puede tener en la mente durante la clase como alguna ubicación o algo así, pero ya después verlo gráficamente, ver cómo es, todo, ya le acaba de aclarar a uno el conocimiento, entonces, por ejemplo, si uno no entendió qué es, por ejemplo, el citoplasma, entonces después uno va allá al... por ejemplo a esa página, mira..."(E6-E1A).

"pues a mí me parece que las prácticas virtuales con los simuladores y en la casa utilizando herramientas de la casa, también es ...es fácil de comprender los conceptos y lo que se lleva a cabo en la práctica."(E2-UCO).

Es allí en donde se logra un pensamiento analítico ya que a través del proceso de aprendizaje se da sentido a la teoría, e incluso se da un valor a los espacios, utensilios y productos hogareños ya que se reconoce que pueden convertirse en herramientas de enseñanza-aprendizaje de las CN. Cabe anotar que los laboratorios también permiten a los docentes hacer una evaluación del proceso que llevan los estudiantes, como lo menciona Higuera García (2008, p. 152) "La evaluación en un laboratorio o un aula-laboratorio es una alternativa que permite identificar y resolver problemas asociados con el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales". Es por esto que los informes de laboratorio también han permitido hacer una lectura sobre la manera en la cual los estudiantes abordan las temáticas y han permitido vincular tales hallazgos con el objeto de investigación, dado que estos documentos evidencian que las prácticas de laboratorio son necesarias para la comprensión de los contenidos teóricos, y que además son una herramienta útil para lograr tal fin. Con respecto a esto los estudiantes opinan que las prácticas y los informes tienen un valor significativo en su aprendizaje de las CN, esto se evidencia cuando afirman:

"yo pienso que las cosas así didácticas como uno que hacen que uno entienda, pero no que te aprendas todo porque uno como que ve todo más general, entonces tú aprendes como lo que más te llama la atención y no va entendiendo todo cómo relacionándolo con las cosas" TGA-EIA.

Según Avilés Altieri (2020) los informes de laboratorio se presentan como una de las estrategias didácticas más empleadas en las CN para la evaluación de los conceptos de dicha área, ya que a partir de situaciones experimentales los estudiantes pueden "identificar aplicaciones específicas o consecuencias lógicas del conocimiento" (p. 52). Entonces, el pensamiento crítico se consigue toda vez que los estudiantes confrontan desde su propia realidad y aprendizaje, la teoría. Sin embargo, se debe ser muy cuidadoso a la hora de diseñar y presentar los laboratorios a los estudiantes ya que no se busca que éstos sigan una serie de procedimientos, sino que desarrollen un pensamiento crítico-analítico frente a la situación presentada por medio de la experimentación.

Los estudiantes reconocen la importancia y el valor de las prácticas en la medida en la que afirman que *"Biología no es como solo de escuchar, sino también ya ponerlo en práctica y hacer como cosas ya uno mismo, entonces, pues... me parece que esta metodología que está bien"* (E1-EIA); *"la Biología no es algo como que, es pues, es muy teórico, pero también en algo muy visual para uno poder entender, entonces me parece que es bueno tener estas cosas"* (E2-EIA). Lo anterior, hace notoria la claridad con la que algunos estudiantes destacan la importancia de las prácticas, ya que les permiten comprender conceptos a través de la interacción y la acción, incluso en entornos virtuales. Esto despierta su interés por aprender y los capacita para apropiarse del conocimiento de diversas formas.

Aunque las TIC se han usado en múltiples ocasiones como apoyo visual a las clases teóricas, la implementación de ellas en la parte práctica de la clase deja en evidencia que si se logra estructurar e implementar de una manera articulada la teoría y la práctica esto favorece la apropiación de conceptos y formas de expresión propias de las CN que se muestran claramente a la hora de construir un informe de práctica. Es por esto que los estudiantes luego de realizada la práctica y el informe logran expresar el valor de la metodología aplicada cuando afirman:

"Finalmente es un trabajo interesante en el cual pude profundizar en el conocimiento de un componente sumamente importante como lo es la célula no solamente observar sus partes como simples elementos de composición si no entender sus funciones, características y lo más importante su razón de ser." IF2-UCO.

Setiawan et al., (2015) indican que un laboratorio virtual promueve la práctica y el pensamiento práctico, estimulando el aprendizaje activo en las asignaturas de Ciencias Naturales. Esta generación de interés en los estudiantes se basa en las prácticas, ya sea virtuales o presenciales. Por lo tanto, en la enseñanza de las Ciencias Naturales a nivel universitario, es fundamental considerar tanto el componente práctico como el teórico para fomentar el interés en esta área del conocimiento.

Sin embargo, los mismos estudiantes manifiestan sentirse más interesados cuando se recibe la clase magistral en el salón de clase, esto se hace evidente cuando afirman:

"yo prefiero cuando hablamos de los temas como en clase y entre todos como los discutimos y contamos como anécdotas, como relacionadas como al tema, que sí es como en un vídeo o algo así porque no sé, hay veces es más fácil distraerse que si uno está en clase y todo, pero pues también es bueno porque uno se vuelve como más autónomo" TGA-EIA.

Al respecto Zhang et al. (2004, p. 76) explican el poco interés de los estudiantes por las clases virtuales en cuanto a que éstas presentan la información de la misma manera, "lo que puede conducir al aburrimiento y la desconexión en los estudiantes y evitar que obtengan una buena comprensión de un tema". Los mismos autores explican, además, que para los estudiantes es más cómodo obtener una respuesta de inmediato a través de la interacción con su docente, que revisar un video completo para poder hallar dicha respuesta.

Una de las ventajas que presenta la metodología implementada, es el fomento de la autogestión y el aprendizaje autónomo de cada estudiante. Las prácticas virtuales permiten que los estudiantes se involucren activamente en la indagación y la observación de fenómenos de su interés. Los estudiantes encuentran que esta aproximación les permite abordar las Ciencias Naturales de manera diferente, centrándose en la comprensión en lugar de la memorización. Este enfoque activo implica observar, indagar y experimentar, elementos característicos de las Ciencias Naturales. Aunque las evaluaciones tradicionales suelen enfocarse en la memorización, los comentarios de los estudiantes revelan que esta metodología mejoró su proceso de aprendizaje. Al respecto indican: *"como en la clase vemos como, lo, la teoría y ya después la vemos como aplicada, entonces se entiende más"* E5-EIA;

"como que uno también, como que le echa cabeza a eso, es como también evalúa si estás como expandiendo tu mente y ya haciendo como conexiones... entonces de cierta manera eso evalúa si entiendes de verdad como las cosas, que uno ve en clase" (E1-EIA);

De acuerdo con De La Cruz & Pérez (2020) es común en las diferentes áreas de las CN que se suelen implementar las evaluaciones de tipo sumativa sin considerar las habilidades que propician “el saber hacer”, por lo tanto, los estudiantes reconocen en los laboratorios virtuales una manera óptima “para evaluar el desarrollo de la competencia argumentativa en los estudiantes (Loaiza García, 2018)” a partir de la elaboración de los informes de las prácticas. Claramente, un estudiante afirma

“Me parece que, pues es una excelente forma de evaluar, porque hay... porque en una práctica usted está aplicando lo que estudió, lo que se dijo, lo que se comprende o lo que usted sabe, porque de que le vale a usted responder muchas preguntas, muchas preguntas en un papel y no saber cómo funciona, que proceso se hizo, como se llegó a eso, y en la práctica esa me parece que es un método excelente, para una evaluación así” (E5-UCO).

Es por esto que otro componente destacado de esta categoría es el descubrimiento de los conceptos mediante experimentación, ya que al lograr la conexión entre la teoría y la práctica y la posterior búsqueda de información a partir de la inquietud e interés de los estudiantes, estos señalan que logran entender aspectos que antes no entendían y más aún en algunos casos logran clarificar ideas que tenían previamente frente a un tema específico. Es posible afirmar que específicamente en esta categoría, la metodología implementada está permitiendo el desarrollo de las capacidades crítico analíticas de nuestros estudiantes universitarios a partir de la implementación de las prácticas virtuales propuestas.

PRÁCTICAS VIRTUALES

La implementación de herramientas virtuales en las prácticas requiere preparación previa por parte del docente, con esto se busca que los estudiantes a la hora de enfrentar el reto de realizar la práctica cuenten con las herramientas y conocimientos necesarios para abordar la temática desde la experimentación. Esta preparación busca fomentar la autonomía estudiantil, alentando la curiosidad, observación y experiencia a través de

la interacción con las herramientas. Los estudiantes valoran estas prácticas, especialmente en situaciones como la pandemia. Sin embargo, echan de menos la guía directa del profesor en las prácticas virtuales, ya que, a pesar de la disponibilidad de información en línea, a menudo encuentran dificultades para obtener respuestas claras a sus preguntas. A pesar de las ventajas de las herramientas virtuales, algunos estudiantes extrañan la interacción presencial con el docente. Esto fue expresado por un estudiante de la siguiente forma:

"yo digo que sí se puede usar... yo siento profe que igual no se va aprender de la misma manera porque digamos, usted está supervisando los... usted como docente está supervisando si estamos haciendo bien las cosas, si estamos comprendiendo de buena manera, pero digamos que por plataformas virtuales puede ser más como un anime por así decirlo y no va a ser como tan real el poder ver o interpretar las cosas... pues no va a ser tan, tan práctico eso sí" TGM-UCO.

Aunque los estudiantes son competentes en el uso de recursos web y TIC, a menudo requieren ampliar información con la asistencia del docente para establecer conexiones entre conceptos y observaciones. Por lo tanto, la orientación docente es crucial en los procesos de enseñanza-aprendizaje con herramientas virtuales, ya que estas facilitan la vinculación entre el conocimiento teórico y el práctico sin necesidad de asistir a un laboratorio presencial.

Es importante destacar que el interés de los estudiantes en el curso a menudo se relaciona más con su relevancia para sus carreras que con el curso en sí. Esto subraya la importancia de la enseñanza en las Ciencias Naturales y la actitud del profesor para motivar a los estudiantes. Al utilizar herramientas digitales, es esencial considerar que los estudiantes actuales son visuales y requieren estrategias de enseñanza más visuales y contextualizadas en su vida diaria para comprender mejor los conceptos nuevos en comparación con los métodos de enseñanza tradicionales (Gonzalez & Castellanos, 2018). Es así mismo como un estudiante menciona que su interés tiene mucho que ver con el docente, ya que:

"yo creo que es más por el método enseñanza del docente, por ejemplo,

si uno ve un docente que está ahí habla y habla y lo que dice como que no lo dice con amor, pero pues yo me refiero a que, o sea, es a lo que usted explica lo explica con amor que es que se nota que le gusta lo que hace, lo que dice y cómo lo dice, entonces digamos que es como también la manera en la que el profesor se expresa, entonces yo digo que eso pues depende de la actitud del profesor de... interés, yo he aprendido mucho, muchas cosas las ha aplicado y me han servido para la vida diaria.” TGM-UCO.

Entonces, la práctica docente debe tener siempre en consideración la forma en la que se comunica a los estudiantes el contenido temático, pero más aún la forma en la que éstos se pueden ver reflejados y tocados por la realidad que los rodea, es ahí cuando “la inclusión de las problemáticas ambientales y los criterios de tipo social y cultural, al contextualizarse a partir de la realidad de los sujetos, pueden condicionar los procesos de enseñanza-aprendizaje de contenidos, conceptos, fenómenos y actitudes en los estudiantes” (De La Cruz, L., & Pérez, 2020, p. 12-13).

Los laboratorios virtuales tienen la ventaja de vincular la teoría científica con la realidad, facilitando la comprensión de fenómenos científicos y promoviendo la investigación de los principios subyacentes (Liu et al., 2015; Santiago & Pulido-Melián, 2020). Desempeñan un papel fundamental en la construcción del conocimiento científico al permitir a los estudiantes formular preguntas, proponer hipótesis e interpretar datos en entornos virtuales, que son seguros, repetibles y de bajo costo, proporcionando visualización de aspectos y situaciones que normalmente no serían posibles (Vega et al., 2016). Cuando las prácticas virtuales incorporan un componente práctico, ya sea presencial o relacionado con el entorno familiar de los estudiantes, estos muestran un mayor interés y participación. Disfrutan de las prácticas y reconocen que estas contribuyen al desarrollo de habilidades de comunicación y capacidades críticas y analíticas.

Es por esto que las respuestas de los estudiantes indican que las prácticas virtuales dinamizan las clases. Sin embargo, se destaca la importancia de estimular explícitamente a los estudiantes para que se acerquen a los contenidos temáticos y prácticos, así como a sus docentes y

compañeros, de modo que las prácticas virtuales no se perciban solo como un medio para mejorar las calificaciones, sino como un apoyo integral en su proceso de aprendizaje. Al respecto los estudiantes afirman que:

“las aplicaciones no son necesarias, pero pueden cambiar el trabajo que uno hace... no es algo necesario al 100% para uno... para uno hacer un buen trabajo, pero si es algo que puede hacer que el trabajo cambie, teniendo la misma o diferente calidad.” TGE-EIA;

Es aquí donde se debe tener cuidado a la hora incorporar elementos virtuales en las clases, porque la adaptación de dichas herramientas a la enseñanza práctica y los laboratorios es compleja, y generalmente se usan videos grabados por los docentes, presentaciones de resultados, algunas simulaciones que se enfocan principalmente en mostrar a los estudiantes la manera correcta de realizar los procesos prácticos o de laboratorio, con la principal desventaja de, por ejemplo “la falta del manejo in situ del material del laboratorio siempre va a ser un hándicap que estará presente en la docencia práctica online” (Panadero Antón et al., 2020 p.54).

CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO A PARTIR DE LA INDAGACIÓN

La secuencia didáctica implementada al girar en torno al método científico, permitió que los estudiantes sentaran una posición crítica y estructurada de su quehacer estudiantil. Existe una relación estrecha entre la indagación como metodología de abordaje en las CN y la promoción de habilidades comunicativas, mediante la realización de los informes de práctica, siempre que se articulen de manera adecuada.

Los estudiantes están satisfechos con las clases invertidas, ya que les brindan autonomía e independencia para abordar las temáticas del curso. Valoran el trabajo individual que les permite investigar, experimentar y relacionarse con el conocimiento según sus intereses. Esto demuestra que una adecuada planificación de actividades virtuales puede respaldar el aprendizaje activo e independiente, fomentando el interés de los estudiantes

en las clases de Ciencias Naturales. La metodología implementada permite esto ya que los mismos estudiantes perciben que su aprendizaje es independiente, lo cual se refleja cuando afirman *“es que digamos nuestros trabajos me parecen bacanos porque, así sea lo mismo, cada persona puede defender cosas diferentes o enfocarlos diferente, en cambio la mayoría de veces es como el mismo trabajo para todos”* E5-EIA.

La indagación es una metodología clave en las clases de Ciencias Naturales, ya que genera curiosidad, observación y habilidades analíticas en los estudiantes. Por lo tanto, es fundamental en la implementación de prácticas virtuales como herramientas didácticas en cursos universitarios de Ciencias Naturales, ya que promueve la apropiación del aprendizaje por parte de los estudiantes. A partir de la elaboración de los informes de la práctica, los estudiantes afirman *“En relación con la hipótesis presentada y el marco teórico se expone una investigación sobre el porqué son importantes los centriolos para un buen desarrollo del gameto masculino.”* IF1-UCO; dichas apreciaciones cumplen con el reto señalado por De la Cruz Pérez (2020) en el que indican que la educación de los estudiantes en Ciencias Naturales debería fomentar en ellos una integralidad tal que permita no solo el aprendizaje de los saberes propios de las ciencias, sino que además les permita ser *“capaces de formular y plantear hipótesis, dar respuesta a situaciones del contexto social y ambiental, para proyectarse como sujetos propositivos y conscientes de su entorno”*.

La indagación como el método didáctico tradicional de las CN dirige a los estudiantes hacia un aprendizaje activo en donde los resultados obtenidos, se articulan con las conclusiones y cada uno de manera autónoma e independiente puede encontrar su propia respuesta. En la metodología desarrollada a través de la implementación de las prácticas virtuales, los estudiantes manifiestan que generaron su propio conocimiento ya que a partir de la indagación buscaron dar respuesta a una inquietud inicial. Al respecto afirman que *“Para poder hacer una investigación completa y detallada se necesita más que unos estudios, estar en un laboratorio bien equipado que facilite la observación de los sucesos para poder tener*

resultados y conclusiones claras.” IF1-UCO. Esto se apoya en lo mencionado previamente por Torres Mesías et al. (2013) en cuanto que, concluyen que la didáctica de las Ciencias Naturales teniendo a la indagación como el eje central de las propuestas de clase por parte de los profesores, no solo hace que se pase de las clases magistrales a aquellas más activas, sino que además “permiten la participación activa del estudiante en la construcción y apropiación del conocimiento” (p. 206).

DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

A partir de una encuesta y conversaciones con los estudiantes, identificamos la necesidad de diseñar actividades virtuales, especialmente prácticas de laboratorio, que involucren activamente a los estudiantes en el proceso de adquisición de conocimientos a través de la experimentación y la aplicación de conceptos aprendidos en la parte teórica del curso. Esto coincide con la idea de López & Morcillo (2007) de que las prácticas virtuales deben equilibrarse con la teoría para mejorar la comprensión de los estudiantes. Los estudiantes expresan la necesidad de laboratorios simples y repetibles que les ayuden a fortalecer sus conocimientos teóricos en Ciencias Naturales.

En el contexto de las Universidades EIA y UCO, las prácticas de laboratorio se han desarrollado tradicionalmente de manera presencial o, en algunas asignaturas del área de las Ciencias Naturales en la Universidad EIA no se realizan. Es posible que hasta ahora en ambas instituciones no se hayan considerado los beneficios que brindan las prácticas virtuales dadas sus características específicas, es por esto que el diseño adecuado de prácticas virtuales serviría como apoyo al aprendizaje de las Ciencias Naturales para los estudiantes de ambas universidades.

Nuestra propuesta metodológica parte de una secuencia didáctica diseñada para ser realizada durante 4 horas presenciales y 12 horas de trabajo independiente. Durante el trabajo independiente, los estudiantes revisaron el material de la clase y formularon preguntas de investigación

e hipótesis basadas en el método científico de las Ciencias Naturales relacionadas con el tema en cuestión. Luego, utilizaron herramientas digitales para llevar a cabo la experimentación y complementaron su conocimiento consultando fuentes teóricas como libros, revistas y recursos en línea. Además, se llevaron a cabo interacciones con el docente a través de asesorías programadas o solicitadas por los estudiantes para abordar preguntas y recibir orientación sobre el uso de herramientas TIC y la elaboración de informes de laboratorio virtuales.

La secuencia didáctica diseñada en esta investigación sigue los componentes propuestos por Pacheco & Porras (2014) en donde el docente planifica y conecta las actividades antes de la sesión práctica. Se inician las clases con actividades que motivan a los estudiantes y evalúan su conocimiento previo sobre el tema. Se fomenta el trabajo autónomo y colaborativo entre los estudiantes, con la tutoría del docente. Finalmente, se concluye con actividades de evaluación y análisis del tema para consolidar lo aprendido. Considerando la espiral reflexiva propia de la IAE, el trabajo con los estudiantes se dividió en cinco fases:

Fase 1. Apertura

Se comenzó con una indagación de los conocimientos de los estudiantes sobre el método científico, seguida de una lluvia de ideas para recopilar los pasos que consideraban esenciales. Luego, se realizó una discusión en clase guiada por el docente. A los estudiantes se les pidió ver un video sobre los 6 pasos del método científico¹ y tomar notas. Se llevó a cabo una sesión de intercambio de ideas entre los estudiantes, mientras el profesor las registraba en el tablero, proporcionando retroalimentación y aclaraciones cuando fue necesario.

¹ www.youtube.com/watch?v=jZ_VSJNP6Js

Fase 2. Desarrollo

Los docentes explicamos el uso del método científico en prácticas e informes de laboratorio en Ciencias Naturales. Los estudiantes aplicaron estos pasos a través de una actividad práctica de laboratorio virtual. Se proporcionaron pautas para la práctica de laboratorio de célula y el informe correspondiente, con énfasis en que los estudiantes registraran sus hallazgos personales. También se presentó la rúbrica de calificación utilizada. Esta parte se hizo presencialmente con apoyo audiovisual o en línea. Los estudiantes tomaron notas y tuvieron la oportunidad de plantear preguntas durante la presentación.

Dependiendo de si la actividad de laboratorio se realizó de manera remota (en casa) o virtual, los estudiantes procedieron con las indicaciones presentadas anteriormente. Se hizo énfasis en que los estudiantes debían iniciar por escribir una pregunta sobre la célula y sus organelos, luego debieron escribir sobre lo que creían que iba a pasar (su hipótesis) y por qué, antes de proceder con la práctica.

Se mostró a los estudiantes cómo funcionan los modelos de célula interactiva diseñados por HudsonAlpha iCell 3.0.²

De manera independiente, los estudiantes llevaron a cabo una búsqueda de información para crear una breve introducción y analizar los resultados. Durante este período, tenían acceso a tutorías programadas con el docente o podían solicitar asesorías independientes para resolver dudas sobre la exploración de la célula interactiva, la aplicación del método científico y el uso de la rúbrica de calificación. Es en este punto en el que el pensamiento analítico es promovido, y los mismos estudiantes destacan la importancia en la generación de nuevo conocimiento.

² <http://icell.hudsonalpha.org/icell.html>

Fase 3. Cierre

El docente recibió y analizó los informes de laboratorio utilizando la técnica de análisis de documentos. Se prestó especial atención a los puntos del método científico que requerían mayor claridad después de la experimentación por parte de los estudiantes.

Luego se utilizó una entrevista narrativa para explorar los sentimientos, pensamientos y acciones de los estudiantes con respecto a la práctica y la aplicación del método científico en los laboratorios y sus informes. El docente proporcionó retroalimentación y realizó aportes basados en las intervenciones de los estudiantes y el análisis de los informes de laboratorio. Esto tuvo como objetivo aclarar dudas y fomentar un pensamiento crítico y analítico en los estudiantes.

Fase 4. Evaluación

Con el fin de evaluar la implementación de los modelos de la célula interactiva presentados por HudsonAlpha iCell 3.0³ se realizó la evaluación de la metodología propuesta a través de un taller, en el que se invitó a los estudiantes a dar su opinión sobre el uso de la herramienta. Además, se buscó saber si el uso del laboratorio (práctica virtual) promovió la apropiación de los conceptos frente al método científico y la célula en ellos. A partir de esta interacción como profesores pudimos conocer aquellos aspectos que fueron necesarios retomar para trabajarlos posteriormente.

Fase 5. Reflexión

Los docentes hicimos una reflexión sobre la metodología implementada a través del uso de laboratorios virtuales. Además, se debió revisar la forma en la que se abordó el tema, el sentir de los estudiantes frente al

³ <http://icell.hudsonalpha.org/icell.html>

mismo y se evaluó si es preciso, ajustar las técnicas y la forma en la que los estudiantes están participando para promover en ellos las capacidades críticas y analíticas propias de las Ciencias Naturales.

CONCLUSIONES

Los estudiantes de la Universidad UCO y la Universidad EIA, acostumbrados a clases magistrales, encuentran extraño el cambio de metodología de enseñanza, ya que las actividades virtuales requieren trabajo independiente, autogestión y disciplina. La falta de familiaridad con esta dinámica puede conducir a distracciones, como señaló Zhang et al. (2004), quienes indicaron que las clases virtuales tienden a seguir patrones y recursos similares, lo que puede aburrir a los estudiantes o hacer que pierdan interés en el tema. El desafío radica en diseñar estrategias metodológicas que utilicen recursos digitales y mantengan el compromiso de los estudiantes con las materias seleccionadas.

Por su parte, la implementación de informes de laboratorio vinculados a las prácticas virtuales promovió la formación de un pensamiento científico independiente en los estudiantes, ya que la observación y la experimentación fortalecieron su aprendizaje teórico, en consonancia con el hallazgo de Avilés Altieri (2020), que destaca la capacidad de los informes de laboratorio para evaluar individualmente a los estudiantes. Para que este reflejo sea evidente en los informes, es crucial que los laboratorios fomenten el pensamiento crítico-analítico y vayan más allá de una serie de pasos, como señaló O'Donnell (2014), lo que permite a los estudiantes establecer asociaciones y apropiarse de los conocimientos teóricos.

En nuestra investigación, los estudiantes enfatizaron la relevancia de las prácticas en Ciencias Naturales, ya que les permiten conectar conceptos teóricos con experiencias concretas. Específicamente, la metodología que empleamos con la herramienta web iCell les brindó la oportunidad de interactuar con un modelo 3D de una célula, estimulando sus sentidos y su curiosidad. Este enfoque coincide con la perspectiva de Arsyad (2011), que

sostiene que el uso de herramientas virtuales amplía el aprendizaje más allá de los temas de la clase, ya que involucra a los estudiantes en la interacción y el dominio de tecnologías desconocidas. Los estudiantes también reconocen la importancia de la parte práctica en los cursos de Ciencias Naturales y valoran que las herramientas web no solo dinamizan las clases, sino que también facilitan la comprensión de los conceptos teóricos.

Después de implementar la metodología, nuestros estudiantes valoran su aprendizaje como independiente y personalizado. Esto les agrada, ya que reconocen que tienen acceso a herramientas digitales en el momento que prefieren y durante el tiempo que necesitan. Además, son conscientes de la importancia de investigar más allá de las lecciones y las experiencias en clase para obtener una comprensión completa de los temas. En este sentido, Herrero-Villareal et al. (2020) destacan que las herramientas virtuales permiten a los estudiantes utilizarlas cuando consideren oportuno, lo que facilita la repetición de actividades, incluso si los resultados les parecen inusuales.

Hemos observado que la introducción de herramientas digitales en los laboratorios virtuales puede influir en el interés de los estudiantes por aprender los temas. Este impacto es particularmente significativo al proponer actividades prácticas virtuales a estudiantes que originalmente no cuentan con este enfoque en el plan de estudios del curso. En la mayoría de los casos, esta práctica fomenta su interés, lo que, a su vez, mejora su proceso de aprendizaje. De acuerdo con Rubio et al. (2009), "el uso de laboratorios virtuales representa una mejora en comparación con el aprendizaje puramente teórico". Sin embargo, en las Ciencias Naturales, las evaluaciones a menudo se centran únicamente en los aspectos teóricos. Los estudiantes entrevistados indican que contextualizar los contenidos de las clases con las prácticas se les facilita asociar y comprender los términos y temas de manera más efectiva.

La metodología diseñada se basa en la indagación como método didáctico para las Ciencias Naturales (CN). Esto permite que los estudiantes, a través de su experiencia personal y curiosidad, aborden los temas del curso

como investigadores. Siguiendo esta línea, Setiawan et al. (2015) señalan que los laboratorios virtuales fomentan el trabajo independiente al permitir que los estudiantes respondan a sus propias preguntas de manera autónoma.

Antes de la experimentación, es esencial que los estudiantes se familiaricen con los conceptos relevantes a través de la búsqueda de información y la construcción de un marco teórico. La indagación integra eficazmente los aspectos teóricos y prácticos, lo que ayuda a desarrollar habilidades críticas y comunicativas. Villa Uribe (2019) destaca la utilidad de medios virtuales para fomentar la curiosidad y la adaptación de los estudiantes a las prácticas de laboratorio. La articulación de la indagación en nuestra metodología se presenta como clave para despertar el interés de los estudiantes por las temáticas del curso de CN, y es por esto que los estudiantes manifiestan que generaron su propio conocimiento, ya que a partir de la indagación buscaron dar respuesta a una inquietud inicial que surgió de manera independiente.



REFERENCIAS

- Arsyad, A. (2011). *Learning media*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Avilés Altieri, C. (2020). *Evaluación integradora en ciencias naturales y biología: aproximaciones de un equipo de profesores y sus desafíos*. [Tesis de maestría]. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Barrios, T., & Marín, M. B. (2014). Aprendizaje mixto a través de laboratorios virtuales. *Signos Universitarios* 2, 65 – 80.
- Benavides, L., & Calvache, R. (2021). Cap 4. Secuencias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico. En: Alonso, A. y Campirán, A. (coords.), *Pensamiento Crítico en Iberoamérica: Teoría e intervención transdisciplinar*. Editorial Torres Asociados.
- Cruz González, G. (2016). *Unidad Didáctica para la Enseñanza y Aprendizaje de la Botánica en Estudiantes de Grado Séptimo*. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Manizales, Colombia.
- De La Cruz, L., & Pérez, N. (2020). El saber escolar en biodiversidad en clave para resignificar su enseñanza. *Praxis & Saber*, 11(27), e11167. <https://doi.org/10.19053/22160159>
- González, I. J. D., & Castellanos, F. R. C. (2018). Objetos virtuales de aprendizaje como estrategia didáctica significativa para mejorar el desempeño académico en el área de ciencias naturales de los estudiantes de grado 8°. *Revista Seres y Saberes*, (5).

- Hernández Doria, C. A., Gómez Zermeño, M. G., & Balderas Arredondo, M. (2014). Inclusión de las tecnologías para facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje en ciencias naturales. *Actualidades Investigativas En Educación*, 14(3), 1–19. <https://doi.org/10.15517/aie.v14i3.16097>
- Herrero-Villareal, D., Arguedas-Matarrita, C., & Gutiérrez-Soto, E. (2020) Laboratorios remotos: recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32, 181-189.
- Higuera García, M. A. (2008). La experimentación en el aula como herramienta de evaluación en Ciencias Naturales. Evaluación de Aula en Ciencias Naturales. En: Varios Autores (eds.), *Serie Investigación. Evaluación en el aula: del control a la comprensión*. Bogotá D.C., Colombia. Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico -IDEP-. p.151 – 158.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. [doi:10.1002/sce.10106](https://doi.org/10.1002/sce.10106)
- Infante Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917–937.
- Latorre, A. (2004). *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*. Editorial Graó.

- Liu Dongfeng, Valdiviezo-Díaz Priscila, Riofrio Guido, Sun Yi-Meng & Barba Rodrigo. (2015). Integration of Virtual Labs into Science E-learning. *Procedia Computer Science*, 75, 95–102.
- Loaiza García, S. M. (2018). *Desarrollo de la Competencia Argumentativa a través de los Laboratorios Virtuales*. Departamento de Matemáticas y Estadística. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Manizales, Colombia.
- López García, M., & Morcillo Ortega, J. G. (2007). Las TIC en la Enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 562-576.
- Matthews, M. R. (2017). La enseñanza de la ciencia: Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia. In *Perfiles Educativos* (1st ed., Vol. 39, Issue 158). Fondo de Cultura Económica. <https://doi.org/10.22201/IISUE.24486167E.2017.158.58791>
- O'Donnell, M. (2014). "Science Writing, Wikis, and Collaborative Learning," in *Web Writing: Why and How for Liberal Arts Teaching and Learning*, ed. Jack Dougherty and Tennyson O'Donnell (University of Michigan Press/Trinity College ePress edition, 2014), <http://epress.trincoll.edu/webwriting/chapter/odonnell>
- Ortiz, C. P. M., Álvarez, J. S. O., & Sánchez, L. T. M. (2017). Laboratorio virtual de química: una experiencia de diseño interdisciplinar. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (51), 98-110.

- Pacheco, E. y Porras, S. (2014). Los momentos de la sesión a través de las rutas de aprendizaje. Propuesta de trabajo para los alumnos de las carreras de educación secundaria de la UNDAC. *Revista Horizonte de la Ciencia*, 4(7), pp. 77-83.
- Panadero Antón, M. I., Bocos de Prada, C., & Sevillano Fernández, J. (2020). De lo presencial a lo virtual en las prácticas de laboratorio: "el Bueno, el Feo y el Malo." In R. de I. e I. E. REDINE (Ed.), *4th International Virtual Conference on Educational Research and Innovation* (pp. 54–55). Adaya Press.
- Pósito, R. M. (2012). *El problema de enseñar y aprender ciencias naturales en los nuevos ambientes educativos* (Defensa doctoral, Universidad Nacional de la Plata).
- República de Colombia. Ministerio de Educación Nacional (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Bogotá DC. [consultado 28 de junio de 2022]. Disponible en Internet: https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Rodríguez Sosa, J. (2005). *La investigación educativa ¿Qué es? ¿Cómo se hace?* (1st ed. DOXA).
- Rubio, C., Rodríguez, D., & Mena, D. (2009). Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química. *Tecnología, Ciencia, Educación*, Julio – Diciembre, 127-136.
- Santiago Dunia E & Pulido-Melián Elisenda. (2020). Prácticas de laboratorio en la formación a distancia: un caso práctico. *VII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC*. Las Palmas de Gran Canaria, 19 y 20 de noviembre de 2020.

- Setiawan, H., Isnaeni, W., Budijantoro, F. P. M. H., & Marianti, A. (2015). Implementation of digital learning using interactive multimedia in excretory system with virtual laboratory. *REID (Research and Evaluation in Education)*, 1(2), 212-224. <http://journal.uny.ac.id/index.php/reid>
- Torres Mesías, Á., Mora Guerrero, E., Garzón Velásquez, F., & Ceballos Botina, N. E. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas. Un enfoque a través de la enseñanza de las ciencias naturales. *Tendencias*, 14(1), 187-215.
- Vega O. A, Londoño Hincapie S. J. & Toro V. Santiago. (2016). Laboratorios virtuales para la Enseñanza de las Ciencias. 2016. En: *Ventana Informática* No. 35 (jul-dic). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 97-110.
- Villa Uribe, J. C. (2019). Implementación del *Blended Learning* y su influencia en el aprendizaje de las Ciencias Naturales en estudiantes del grado 11 de la Institución Educativa La Salle Manrique – Colombia, 2017 [Universidad Privada Norbert Wiener]. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/3034>
- Zhang, D., Zhao, J. L., Zhou, L., & Nunamaker Jr, J. F. (2004). Can e-learning replace classroom learning?. *Communications of the ACM*, 47(5), 75-79. <https://doi.org/10.1145/986213.986216>

