

SPECIAL ISSUE/2023  
DOI:10.47460/MINERVA/V2023ISPECIAL

# MINERVA



Revista Multidisciplinaria de  
Investigación Científica  
ISSN: 2697-3650



**AutanaBooks**  
*Engineering & Services*

The logo for AutanaBooks features a stylized black outline of a mountain range above the company name. The name 'AutanaBooks' is in a bold, sans-serif font, and the tagline 'Engineering & Services' is in a smaller, italicized font below it.

# MINERVA JOURNAL

Electronic Journal Edited By AutanaBooks.

Quarterly Periodicity

Our cover:



Font: canva.com  
licence: 03422-17578080

Volume 2023 //  
Special Issue  
DOI:10.47460/minerva  
ISSN: 2697-3650

This special Issue integrated papers developed in Manabí, Ecuador province and developed by several researchers belonging to universities located in this place. AutanaBooks promote and support national research.

Viewing the Journal:  
<https://minerva.autanabooks.com/index.php/Minerva>

## TECHNICAL TEAM

Webmaster and Metadata  
Ing. Ángel Lezama (Quito, Ecuador).  
a2lezama@gmail.com

Graphic design and layout:  
Adrián Hauser  
(AutanaBooks, Ecuador).  
adrian.hauser@gmail.com

Translator: Fausto Bartolotta  
Via Francesco Crispi, 309/A  
98028 Santa Teresa Di Riva, Provincia Messina  
Italia  
email: fbartolotta@gmail.com

The articles, opinions and collaborations that are published in this magazine do not necessarily represent the informative or institutional philosophy of AutanaBooks SAS and may be reproduced with the prior authorization of the Publisher. In case of reproduction, please cite the source and send copies of the medium used to AutanaBooks, Sector Mitad del Mundo, Quito, Ecuador.

"by the grace of God"

Publisher: Dr. Franyelit Suárez,  
<http://orcid.org/0000-0002-8763-5513>  
editorial@autanabooks.com  
AutanaBooks, Quito, Ecuador

DIRECTORY OF THE MINERVA,  
MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH  
ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Luis Rosales.  
Universidad Nacional Experimental Politécnica  
"Antonino José de Sucre", Vice Rectorado Puerto Ordaz  
luis.rosals2@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7787-9178>  
Venezuela.

Dr. José García-Arroyo.  
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)  
jagarcia@uees.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-9905-1374>  
España

Dr. Valentina Millano.  
<https://orcid.org/0000-0001-6138-4747>.  
millanov@fing.luz.edu.ve , millanov@gmail.com  
Directora. Universidad del Zulia.  
Centro de Estudios de Corrosión (CEC).  
Venezuela.

PhD. Yajaira Lizeth Carrasco Vega  
<https://orcid.org/0000-0003-4337-6684>  
ycarrasco@undc.edu.pe  
Universidad Nacional de Cañete  
Lima, Perú.

Dr. Edwin Flórez Gómez  
<https://orcid.org/0000-0003-4142-3985>  
Universidad de Puerto Rico en Mayagüez  
edwin.florez@upr.edu  
Mayagüez, Puerto Rico

Dr. Hilda Márquez  
<https://orcid.org/0000-0002-7958-420X>  
Universidad Metropolitana de Quito,  
amarquez@umet.edu.ec  
Quito, Ecuador

Dr. Diana Cristina Morales Urrutia  
<https://orcid.org/0000-0002-9693-3192>  
dc.moralesu@uta.edu.ec  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador

Dr. Hernan Mauricio Quisimain Santamaria  
<https://orcid.org/0000-8491-8326>  
hernanmquisimalin@uta.edu.ec  
Universidad Técnica de Ambato.  
Ambato, Ecuador

DIRECTORY OF THE MINERVA,  
MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH  
ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Jorge Mauricio Fuentes Fuentes,  
<https://orcid.org/0000-0003-0342-643X>,  
jmfuentes@uce.edu.ec;  
Universidad Central del Ecuador.  
Quito-Ecuador

Dr. Yelka Martina López Cuadra  
<https://orcid.org/0000-0002-3522-0658>  
ylopez@unibagua.edu.pe  
Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía  
de Bagua  
Bagua, Perú

Dra. Irela Perez Magin  
<https://orcid.org/0000-0003-3329-4503>  
iperezmagin@pupr.edu  
Universidad Politécnica de Puerto Rico  
San Juan, Puerto Rico

PhD. Alejandro Suarez-Alvites  
<https://orcid.org/0000-0002-9397-057X>  
alejandrosualvites@hotmail.com  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Peru, Lima

Dr. Janio Jadán.  
Universidad Tecnológica Indoamérica,  
Quito, Ecuador.  
janiojadan@uti.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-3616-2074>  
Ecuador

Dr. Neris Ortega  
<https://orcid.org/0000-0001-5643-5925>  
Universidad Metropolitana de Quito,  
Quito, Ecuador  
nortega@umet.edu.ec

Dr. Juan Carlos Alvarado Ibáñez  
<https://orcid.org/0000-0002-6413-3457>  
jalvarado@unibagua.edu.pe  
Universidad Nacional Intercultural Fabiola  
Salazar Leguía de Bagua  
Bagua-Perú

Mgt. Juan Segura  
<https://orcid.org/0000-0002-0625-0719>  
juansegura@uti.edu.ec  
Universidad Tecnológica Indoamérica  
Quito, Ecuador

Dr. Jairo José Rondón Contreras  
<https://orcid.org/0000-0002-9738-966X>  
Instituto tecnológico de Santo Domingo  
rondonjx@gmail.com/ jairo.rondon@intec.edu.do  
República Dominicana

DIRECTORY OF THE MINERVA,  
MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH  
ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Angel Gonzalez Lizardo  
<https://orcid.org/0000-0002-0722-1426>  
Polytechnic University of Puerto Rico  
agonzalez@pupr.edu  
Puerto Rico, San Juan

Dr. Wilfredo Fariñas Coronado  
<https://orcid.org/0000-0003-2095-5755>  
Polytechnic University of Puerto Rico  
wfarinascoronado@pupr.edu  
Puerto Rico, San Juan

Dra. Diana Cristina Morales Urrutia  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9693-3192>  
dc.moralesu@uta.edu.ec  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato-Ecuador

Dr. Carlos Alberto Gómez Cano  
<https://orcid.org/0000-0003-0425-7201>  
Corporación Unificada Nacional de Educación Superior – CUN.  
carlos\_gomezca@cun.edu.co  
carlosgomez325@gmail.com  
Floresncia, Caquetá, Colombia.

Mgr. Benjamín David Carril Verastegui  
<https://orcid.org/0000-0001-6010-0175>  
bcarril@unitru.edu.pe  
Universidad Nacional de Trujillo  
Trujillo, Perú.

## Content

- 9      Rodríguez Duarte Angi Gissell, Alay Giler Alba Dolores. **Formación continua del profesorado de Matemáticas: un análisis desde su relación con la práctica pedagógica.**
- 19     Bernardi Romero Carlos Xavier, Chavarría Veliz Celeste Jacqueline. **Experimentación y proyectos: una estrategia para generar aprendizaje de ciencias naturales en los estudiantes.**
- 30     Huayamave Álvarez Karla Dolores, Mera Párraga Marlon Javier, Góngora Muñoz Erika Jahaira, Dueñas Utreras Juan Antonio. **Estudio de viabilidad para la creación de una planta de transformación de chocolate.**
- 40     Gómez García Jorge Luis, Torres Puentes Julio Cesar, Cano de Torres Yulixis Nohemi. **Obtención de compost para desarrollar aprendizajes significativos en la asignatura de Ciencias Naturales: Una metodología educativa.**
- 51     Pinargote Bravo Betty Johanna, Pita Asan María Jacqueline. **Estrategia Interactiva para fortalecer el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Física atómica y nuclear.**
- 64     Alvarado Rodríguez Ronnie Alexander, Rosado Cusme Kelvin Agustín. **Uso de la gamificación como estrategia pedagógica para fortalecer la comprensión de problemas de aplicación con números racionales.**
- 74     Saquicela Rojas Rodrigo Alberto, Useche Castro Lelly, González Pedraza Ana Francisca. **Muestreo de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de pastizales.**
- 87     Altamirano Briones Gustavo Alejandro, Viteri Uquillas Cecilio Andres, Sacoto Palacios Gisella Larissa, Litardo Velásquez Rosa Mariuxi, Cedeño Briones Blanca Leonor. **Evaluación de las reacciones de reducción en solución acuosa: alternativas económicas para laboratorio.**
- 97     Zambrano Félix, Muñoz Emanuel. **Métodos estadísticos de machine learning aplicados en el estudio de la accesibilidad web: una revisión de la literatura.**
- 106    Reina Gomez Yuliana Guadalupe, Chacon Contreras Ana Ides, Aguilar Duenas Jorge Eric. **Análisis de la merma del banano a partir del software Agrosft.**

## Content

- 114 Gorozabel-Alcívar Alejandra M., Márquez Pérez Víctor. **Análisis del perfil estudiantil asociado a las tutorías de acompañamiento.**
- 124 Benavides Santacruz Wilman Alexis, Carranco Muñoz José Miguel. **Diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados: enfoque bioclimático y sostenibilidad.**
- 136 Chancusig Pila Silvia Alexandra, Vélez Looor Jéssica Monserrate. **Estrategia didáctica para mejorar el aprendizaje significativo de Ciencias Naturales.**
- 148 Chacón Ana, Marquez Víctor, Muñoz Emanuel, Cedeño Francisco. **Análisis del nivel de satisfacción a partir de la experiencia de aprendizaje.**
- 157 Palacios Serrano Josselyn Melissa, Vélez Vélez Gisbel Carolina, Latorre Castro Gisela Beatriz, Cevallos Cedeño Ramón Eudoro. **Producción de harinas para consumo humano a partir de la reutilización de desechos orgánicos.**
- 167 Mera González Gloria Alexandra, Vásquez Cantillo Vilma Esther. **El escape room como estrategia didáctica para el aprendizaje de la Física.**
- 178 Gorozabel Chata Michelle Gilly, Alcivar Cruzatty Mirian Elena, Gorozabel Chata Tito Alberto. **Aplicaciones interactivas como estrategia didáctica en el desarrollo de las competencias matemáticas.**
- 190 Guamanquispe Erika, Moyano Willian. **Afrontamiento durante la pandemia de COVID-19 en el personal de limpieza de un hospital público.**
- 198 Héctor M. Mendoza Bustamante, García M. Segundo Alcides, Cevallos Cedeño Ramón E., García Vincés Gonzalo Oswaldo. **Eficacia del hidróxido de calcio como catalizador en la transesterificación de aceite de primera generación.**
- 210 Franco Yagual Leonardo Miguel, Alay Giler Alba Dolores. **El Algeblocks como técnica lúdica para el desarrollo de operaciones algebraicas: una experiencia pedagógica con estudiantes de bachillerato.**
- 221 Mena Pinzón Adriana Alexandra, Jiménez Castro Wilson Fernando, Teneda Llerena William Fabián. **Análisis socioeconómico en la cadena productiva del cacao en la Provincia Esmeraldas-Ecuador.**



## *Editorial*

### *Editorial*

*This special volume of Minerva Journal brings together experiences from the coastal region of Manabi, Ecuador. This issue reflects the efforts of teachers and students who make possible the production of social and academic research that contributes to educational, scientific, and social improvements.*

*Manabi is a place of great natural charms; the banana fills Manabi's gastronomy with diverse flavors, loaded with a unique seasoning that fills the streets and alleys. Thus, Minerva Journal compiles a seasoning of academic flavors, which make up this special edition to give life to the most subtle results and thus cultivate scientific research as a precious treasure.*

*Franyelit Suárez, Ph. D.*

*Publisher*





<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.113>

# Formación continua del profesorado de Matemáticas: un análisis desde su relación con la práctica pedagógica

Rodríguez Duarte Angi Gissell  
<https://orcid.org/0000-0003-4905-4539>  
angisita181997@hotmail.com  
Universidad Técnica de Manabí  
Quevedo-Ecuador

Alay Giler Alba Dolores  
<https://orcid.org/0000-0002-5436-9706>  
alba.alay@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (17/09/2022), Aceptado (12/05/2023)

**Resumen:** La formación continua constituye el eje primordial de la práctica educativa que le permite adquirir competencias debido a la actualización e innovación sobre conocimientos pedagógicos, didácticos, curriculares y tecnológicos. El presente estudio tuvo como propósito realizar un análisis de la formación continua del profesorado de matemáticas y su relación con la práctica pedagógica. La metodología aplicada fue un diseño no experimental con enfoque mixto y una revisión sistemática de la literatura. Por ende, las técnicas utilizadas fueron la encuesta y el grupo focal, como objeto de estudio se seleccionó una población convencional conformada por los docentes y vicerrectores de las diferentes unidades educativas de Quevedo. De acuerdo a los resultados en los últimos dos años el número de capacitaciones realizadas por los maestros es ínfimo, las cuales oscilan de 1 a 5 capacitaciones. Por consiguiente, el requerimiento de los cursos es disímil.

**Palabras clave:** formación continua, profesorado, matemáticas, práctica pedagógica.

Continuous training of Mathematics teachers: an analysis from its relationship with pedagogical practice

**Abstract.** - Continuous training constitutes the fundamental axis of educational practice that allows you to acquire skills due to updating and innovation on pedagogical, didactic, curricular, and technological knowledge. This study aimed to analyze the continuous training of mathematics teachers and its relationship with pedagogical practice. The applied methodology was a non-experimental design with a mixed approach and a systematic literature review. Therefore, the techniques used were the survey and the focus group. A conventional population of teachers and vice-chancellors of the different educational units of Quevedo was selected as an object of study. According to the results in the last two years, the number of training carried out by teachers is negligible, ranging from 1 to 5. Consequently, the requirement of the courses is dissimilar.

**Keywords:** continuous training, teachers, mathematics, pedagogical practice.



## I. INTRODUCCIÓN

La formación continua en docentes es esencial para asegurar la calidad de la educación. Los docentes que se mantienen actualizados en las últimas tendencias educativas y tecnologías tienen la capacidad de ofrecer una experiencia de aprendizaje más efectiva y relevante para los estudiantes. Además, la formación continua en docentes puede ayudar a los educadores a enfrentar los desafíos que surgen en el aula y a encontrar soluciones creativas para mejorar el rendimiento de los estudiantes [1]. También es importante para mantener la motivación y la satisfacción en el trabajo. Los docentes que participan en programas de formación continua pueden sentirse más comprometidos con su trabajo y más seguros en su capacidad para enseñar y guiar a los estudiantes. Además, la formación continua puede ayudar a los docentes a desarrollar nuevas habilidades y perspectivas, lo que les permite avanzar en su carrera y alcanzar sus metas profesionales, es una inversión valiosa en la educación y el futuro de los estudiantes [2].

En el caso de Corea del Sur ha sido un líder mundial en educación continua. En 2019, el país fue clasificado en el primer lugar en el Índice de Competitividad en Educación Continua de la Unesco, con una puntuación de 100/100. La educación continua es obligatoria en Corea del Sur, y el país ha invertido significativamente en el desarrollo de programas y cursos de educación continua de alta calidad. Según un informe del gobierno de Corea del Sur, en 2019, el 72,6% de los adultos participó en al menos un programa de educación continua en el último año.

Por otra parte, Japón también tiene una sólida tradición en educación continua. El país ha establecido una amplia gama de programas y cursos de educación continua para personas de todas las edades. Según el Instituto de Investigación sobre la Educación de Japón, en 2019, el 45% de los adultos participó en algún tipo de programa de educación continua. Además, el gobierno de Japón ha establecido una serie de políticas y medidas para fomentar la educación continua, incluyendo la eliminación de barreras financieras y la promoción de la educación a distancia.

Singapur ha sido uno de los países más exitosos en el mundo en términos de educación continua. En 2019, el país fue clasificado en el segundo lugar en el Índice de Competitividad en Educación Continua de la Unesco, con una puntuación de 99,3/100. Singapur ha invertido significativamente en el desarrollo de programas de educación continua de alta calidad, y el gobierno ha establecido políticas y medidas para fomentar la participación en la educación continua. Según el Consejo Nacional de Formación y Desarrollo, en 2019, el 49% de los trabajadores en Singapur participaron en al menos un programa de educación continua en el último año.

Hong Kong también ha establecido una serie de políticas y medidas para fomentar la educación continua. En 2019, el gobierno de Hong Kong lanzó el Fondo de Desarrollo de la Educación Continua, que proporciona apoyo financiero para la educación continua de adultos. Según el censo de educación de Hong Kong, en 2019, el 26,4% de los adultos participó en algún tipo de programa de educación continua. Además, el gobierno ha establecido objetivos ambiciosos para la educación continua, con el objetivo de aumentar la participación en programas de educación continua en un 70% para 2023.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la UNESCO, en el ámbito de la educación proponen que esta sea equitativa, inclusiva y de calidad; la misma que sea accesible para todos y todas durante toda la vida. Para lo cual, establece la meta cuatro en la que se detalla el rol del docente y además contemplan las acciones pedagógicas que lo define como mediador promoviendo un aprendizaje activo en los estudiantes [3]. A nivel de Latinoamérica la formación continua del docente es uno de los temas más investigados ya que analizan los programas de capacitación y como estos influyen en la práctica pedagógica de los profesores que motiva elaborar nuevos saberes a través de las competencias adquiridas según las actividades propuesta del currículo [4].

Por consiguiente, a nivel nacional, en Ecuador, la formación continua del profesorado se basa en la diversidad de aspectos que engloban el currículo nacional tales como: pedagogía, didáctica, adaptaciones curriculares, TIC y en áreas específica del saber con la finalidad de solventar las necesidades educativas de los estudiantes, sin embargo, está sujeta a las políticas del Ministerio de Educación, que favorece la calidad educativa [5], [6]. Por lo tanto, la formación continua del profesorado se considera el eje principal en el desarrollo de competencias en su práctica educativa para tener una educación de calidad por medio de la didáctica y pedagogía, que permite a los docentes tener un mejoramiento continuo en su ejercicio profesional con aplicación de métodos y estrategias de enseñanza-aprendizaje, debido lo cual mejora e innova su praxis para alcanzar un conjunto de conocimientos y habilidades con los métodos de enseñanza del siglo XXI.

En el presente estudio se distingue el proceso de capacitación de los maestros además de cómo aplican los conocimientos adquiridos en las aulas de clases. Esto permite analizar si los cursos ofrecidos son los requeridos por los profesores en el ámbito pedagógico, didáctico y tecnológico. En este sentido, lo que se busca es conocer la influencia de la formación continua en la práctica docente de los profesores del área de matemáticas.

A través de la formación continua de los maestros se desarrollan las competencias pedagógicas, didácticas y tecnológicas indispensables en el ejercicio profesional, elevando la calidad de la educación que imparte [7]. En consecuencia, en este estudio busca es analizar la formación continua del profesorado de matemáticas desde su práctica educativa. Esto debido a que se ha evidenciado una amplia diversidad de requerimientos por parte de los docentes, observándose una disparidad de temas en los cursos de formación.

Por último, las secciones del trabajo abarcan en desde la introducción que se analiza el tema con un enfoque internacional y nacional, así mismo el planteamiento del problema y la formulación del objetivo, por ende, el desarrollo enfatiza los aportes teóricos de diversos autores. En tanto, la metodología incluye el proceso de la recolección de los datos. Por consecuencia, en el apartado de resultados se realizó la triangulación de la información del grupo focal con los datos obtenidos de la encuesta y por último se encuentran las conclusiones del trabajo.

## II. DESARROLLO

La formación continua en docentes es esencial para asegurar la calidad de la educación. Los docentes que se mantienen actualizados en las últimas tendencias educativas y tecnologías tienen la capacidad de ofrecer una experiencia de aprendizaje más efectiva y relevante para los estudiantes. Además, la formación continua en docentes puede ayudar a los educadores a enfrentar los desafíos que surgen en el aula y a encontrar soluciones creativas para mejorar el rendimiento de los estudiantes [4], [1]. También es importante para mantener la motivación y la satisfacción en el trabajo. Los docentes que participan en programas de formación continua pueden sentirse más comprometidos con su trabajo y más seguros en su capacidad para enseñar y guiar a los estudiantes. Además, la formación continua puede ayudar a los docentes a desarrollar nuevas habilidades y perspectivas, lo que les permite avanzar en su carrera y alcanzar sus metas profesionales. En resumen, la formación continua en docentes es una inversión valiosa en la educación y el futuro de los estudiantes [2].

El Ministerio de Educación del Ecuador [8] a través de la Dirección Nacional de Formación Continua de la Subsecretaría de Desarrollo Profesional, planifica y ejecuta los programas de formación continua que son ofertados anualmente a los docentes del sistema de educación nacional de los niveles: inicial, educación general básica (elemental, media, superior) y del bachillerato, por medio de Mecapacito, a través de esta plataforma los maestros pueden acceder de forma gratuita e inscribirse en los cursos que requieran según las temáticas que engloban: actualización curricular, pedagogía, didáctica, adaptaciones curriculares, TIC, áreas específicas del saber, entre otros. Por lo tanto, la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) en sus artículos contemplados la actualización curricular como requisito para ocupar vacantes de maestro en el magisterio fiscal; además para ascender en el escalafón docente debe cumplir con un mínimo de 330 horas de formación continua; es decir, por los cursos impartidos por el Ministerio de Educación o por las universidades públicas o privadas ya sean nacionales o extranjeras [8].

Debido a que la formación continua de los docentes está supeditada a factores exógenos como: desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, innovación pedagógica, reformas curriculares, estándares de evaluación internacional, pandemias, entre otros. Siendo esto que influyen en la calidad educativa del país. A su vez, la formación continua del profesorado desarrolla las competencias mediante programas teóricos-prácticos que influye en el ámbito pedagógico y didáctico. En este sentido, es un proceso crítico-reflexivo que repercute en la calidad educativa por ser el eje principal en la adquisición de conocimientos y habilidades que está vinculado en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes [9]. [10].

Ahora bien, la formación del profesor de matemáticas motiva a la reconstrucción y construcción de conocimientos didácticos con habilidades que están vinculadas a las competencias pedagógicas sobre el contenido de la especialidad con la finalidad de impactar el desarrollo integral a través de la pedagogía, didáctica y TIC en un aprendizaje significativo de los educandos [4]. Por consiguiente, la práctica pedagógica orienta a la reflexión del profesorado, lo que permite innovar el proceso de enseñanza-aprendizaje que consiste en manejar competencias didácticas que es reflejada a través de la planificación microcurricular detallando estrategias metodológicas de acuerdo a las necesidades educativas de los estudiantes [7].

Por ende, las competencias del profesorado de matemáticas engloban un conjunto de conocimientos, habilidades, estrategias y técnicas de enseñanza para plantear, formular, resolver e interpretar problemas con análisis mediante la didáctica en un ciclo de aprendizaje que se plantea en la planificación micro curricular en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, en pro de la mejora en la calidad educativa, para facilitar el desempeño flexible de la práctica pedagógica con los educandos [11].

En este sentido, un docente altamente competente en el área de matemáticas debe tener las siguientes características:

- Conocimiento profundo del tema: un buen docente de matemáticas debe tener un conocimiento sólido y profundo del contenido que enseña, incluyendo conceptos matemáticos avanzados. Además, debe ser capaz de explicar estos conceptos de manera clara y concisa.
- Habilidad para motivar y comprometer a los estudiantes: un buen profesor de matemáticas debe ser capaz de motivar y comprometer a sus estudiantes para que se sientan interesados en el tema y se esfuercen por aprender más. Debe tener una buena habilidad para explicar el contenido de manera atractiva y relevante para los estudiantes.
- Habilidad para personalizar la enseñanza: un buen docente de matemáticas debe ser capaz de personalizar su enseñanza para adaptarse a las necesidades y habilidades individuales de cada estudiante. Esto significa ser capaz de identificar las fortalezas y debilidades de cada estudiante y adaptar el enfoque de enseñanza en consecuencia.
- Habilidad para evaluar el aprendizaje de los estudiantes: un buen profesor de matemáticas debe ser capaz de evaluar el progreso de los estudiantes de manera efectiva y precisa. Esto significa ser capaz de diseñar y administrar evaluaciones que midan adecuadamente la comprensión de los estudiantes de los conceptos matemáticos.
- Comunicación efectiva: un buen docente de matemáticas debe ser un buen comunicador y tener la habilidad de explicar los conceptos matemáticos de manera clara y concisa. Debe ser capaz de escuchar las preguntas y preocupaciones de los estudiantes y responder de manera efectiva.
- Paciencia y comprensión: un buen profesor de matemáticas debe ser paciente y comprensivo con los estudiantes que están luchando para entender los conceptos matemáticos. Debe ser capaz de explicar los conceptos de diferentes maneras y proporcionar apoyo adicional a aquellos que lo necesiten.

En la actualidad, la digitalización de las industrias ha llevado a una creciente demanda de profesionales altamente capacitados en habilidades matemáticas. La rápida evolución tecnológica ha generado nuevas oportunidades laborales, pero también ha creado una brecha entre las habilidades requeridas por el mercado laboral y las habilidades de los recién graduados. En este contexto, es esencial que los docentes de matemáticas se mantengan actualizados y estén al tanto de las últimas tendencias y desarrollos en el mundo empresarial y laboral. Esto les permitirá enfocar la formación de manera más efectiva y garantizar que los futuros profesionales estén preparados para enfrentar los desafíos y demandas del mundo laboral.

En particular, los docentes deben estar al tanto de los avances en tecnología y datos, y ser capaces de enseñar a los estudiantes cómo aplicar las habilidades matemáticas en contextos empresariales y tecnológicos. Por ejemplo, los estudiantes deben ser capaces de analizar y comprender grandes conjuntos de datos, aplicar técnicas estadísticas para resolver problemas de negocio y crear modelos matemáticos que simulen situaciones empresariales. Además, los docentes deben ser capaces de enseñar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, que son fundamentales para enfrentar los desafíos en el mundo empresarial y tecnológico. También deben ser capaces de fomentar la colaboración y el trabajo en equipo, ya que estos son aspectos importantes para el éxito en los entornos empresariales y laborales actuales.

Finalmente, es necesario afirmar que los docentes de matemáticas deben estar actualizados y preparados para formar a los futuros profesionales en las habilidades matemáticas y de pensamiento crítico que serán requeridas por la industria digitalizada. Esto les permitirá enfocar la formación de manera efectiva y garantizar que los estudiantes estén preparados para enfrentar los desafíos y demandas del mundo laboral en constante evolución.

### **III. METODOLOGÍA**

La metodología aplicada fue un diseño no experimental, con enfoque mixto. Mediante, una revisión sistemática de la literatura sobre el estudio realizado con base lo cual se pudo elaborar el cuestionario para la encuesta y la del grupo focal. Por tanto, el siguiente trabajo de investigación se realizó en unidades educativas del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, durante los meses de enero y febrero del 2023. Por consiguiente, la población sujeta de estudio fue de veintisiete docentes del área de matemáticas del bachillerato de las diferentes instituciones educativas y seis vicerrectores de estas que fueron tomados intencionalmente como muestra.

A los docentes se les aplicó la encuesta de manera presencial lo que permitió analizar cómo los cursos de formación continua influyen en su práctica pedagógica, además fue posible conocer las necesidades temáticas que realmente se necesitan para la práctica docente. Se realizó el grupo focal de forma telemática con un horario acorde a la disponibilidad de tiempo de los vicerrectores, para lo cual se utilizó un cuestionario de ocho preguntas abiertas sobre la importancia de la formación continua del profesorado de matemática en la práctica pedagógica.

Los datos obtenidos permitieron hacer una caracterización de los cursos y de las necesidades docentes, logrando hacer un programa de formación continua enfocado en las mejoras educativas y profesionales. El proceso metodológico empleado fue documental para verificar la relevancia de las temáticas en función al perfil profesional y las exigencias académicas que debe cumplir el estudiante.

### **IV. RESULTADOS**

El análisis de los datos obtenidos en la encuesta se realizó de acuerdo con cada categoría de las variables de estudio, de tal manera que los resultados se describen y analizan considerando las siguientes categorías: datos informativos y experiencia docente; capacitaciones y formación continua; evaluación de los criterios de la formación continua. Por consiguiente, se hizo una comparación con las preguntas del grupo focal.

Por lo tanto, los docentes encuestados son veintisiete de bachillerato de las diferentes instituciones educativas, lo que evidencia que existe una paridad de género entre ellos; el 51% son hombres. Cuyas edades oscilan entre la juventud y adultez con un 48% de 51 años en adelante, sin embargo, es diferente la experiencia docente que engloban desde profesores noveles hasta otros con vasta experiencia, que reflejan con un 40% de más de tres décadas, con una comparativa de años impartiendo la asignatura de matemáticas, con 48% representado la mayoría, lo que repercute directamente en las prácticas educativa y los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

Por otra parte, el 48% de los profesores encuestados son licenciados en Ciencias de la Educación mención Fisicomatemática, cumpliendo con lo requerido para ocupar una vacante en el magisterio fiscal, por ende, las autoridades coincidieron que la práctica pedagógica de los profesores de matemática está relacionada con el perfil profesional. Por otro lado, los cursos de formación continua lo realizan los docentes a través de *Mecapacito* que es un programa propuesto por el Ministerio de Educación de acuerdo con las temáticas que dispongan. Aunque, las autoridades concuerdan que los cursos recibidos han sido suficientes hasta cierto punto porque siempre habrá necesidades educativas que tocará cubrir y la innovación del conocimiento no es estático. En los últimos dos años el 48% de los docentes han realizado entre 1 a 5 capacitaciones. Siendo, el 31% relacionado con la temática de metodología de enseñanza-aprendizaje, sin embargo, el 14% de los profesores actualmente están desarrollando cursos de formación continua o estudios de posgrado.

Todos los vicerrectores de las unidades educativas están de acuerdo que la práctica pedagógica de los profesores es muy eficiente, debido a que aplican estrategias de enseñanza-aprendizaje de acuerdo con los temas curriculares para que el conocimiento sea significativo en los estudiantes. Asimismo, el Ministerio de Educación establece que la evaluación del desempeño docente se puede realizar mediante la observación de la clase que está directamente relaciona con la práctica pedagógica de los maestros. De esta manera, concertaron que se ha podido evidenciar los resultados de las diferentes capacitaciones atendiendo a las necesidades de los estudiantes, mediante el uso de estrategias de aprendizaje y recursos didácticos siendo estos las TIC y los recursos tradicionales debido a que toda capacitación favorece a la mejora de la práctica educativa de los catedráticos.

Al mismo tiempo, el 51% de los docentes cambiaron la visión del papel del alumno como aprendiz después de haber realizado cursos de formación, seguido el 44% de docentes que han desarrollado otras competencias y, por último, el 62% de docentes han llevado los conocimientos adquiridos en los cursos de formación continua a su práctica pedagógica.

Se observó que el 48% de los docentes a través de los cursos de capacitación les analizaron los aspectos que podrían mejorar en su praxis; seguido con el 62% de docentes que pudieron identificar las fortalezas y debilidades de su práctica educativa; así mismo, hay una igualdad con el 44% de encuestados que reconoce las consecuencias de sus acciones dentro del aula de clases y los objetivos de las capacitaciones han favorecido la integración de diversas competencias necesarias para el ejercicio como docente en matemática y, finalmente, el 51% considera que los cursos de formación conllevan a la reflexión sobre la forma en que ejercen la docencia.

Debido que el 37% de los docentes indicaron que los cursos de formación continua les permitieron aprender de manera autónoma; del mismo modo, con el 66% pudieron innovar en su práctica pedagógica y, por último, con el 55% elaboraron productos directamente aplicables a la enseñanza de matemática. Por unanimidad, los vicerrectores enfatizaron que sí hay innovación de la práctica educativa de los maestros de matemáticas, debido a que aplican estrategias metodológicas y TIC, en concordancia con el modelo constructivista del currículo nacional.

Todos los vicerrectores coincidieron que si han contribuido de manera significativa las capacitaciones en la práctica educativa de los docentes. Siendo, 23% de los profesores que aplican el aprendizaje basado en problemas. Así mismo el 44% de los docentes concordaron que los cursos de formación continua abordan múltiples aspectos relevantes en el mejoramiento de prácticas pedagógicas en el área de matemáticas. Por otra parte, el 55% ha mejorado su praxis; de igual manera, el 51% considera que las aportaciones de sus compañeros han sido de ayuda para mejorar su estilo de enseñanza y para finalizar, el 44% señaló que fue necesario participar en los cursos de formación continua para mejorar su evaluación de desempeño docente.

Por ello, los directivos coincidieron en que los cursos que se deberían impartir a los profesores de matemáticas deberían ser referentes a la especialidad, pedagogía, didáctica, currículo, inteligencia emocional y TIC. De modo que la totalidad de la muestra de los docentes están interesados en las siguientes temáticas: curso de formación relacionados con el uso de las TIC en la educación matemática, didáctica de la matemática, pedagogía en la enseñanza de las matemáticas, metodología de las ciencias exactas, neuro pedagogía, gamificación en resolución de problemas, planificación y proyectos escolares, herramientas curriculares aplicadas a la experiencia, reflexión, conceptualización y aplicación (ERCA), fortalecimiento curricular para el Bachillerato General Unificado (BGU) en matemática, pedagogía, atención a la diversidad en el sistema educativo y cursos de la especialidad de los cuales se pueda reforzar la experiencia docente y haya accesibilidad para inscribirse.

## CONCLUSIONES

1.- La formación continua de los docentes del área de matemáticas del Bachillerato General Unificados de las instituciones educativas objetos de la investigación realizan los cursos que oferta Mecapacito que es un programa del Ministerio de Educación, que les permite innovar la práctica pedagógica del docente, debido a que utilizan metodologías de enseñanza como el aprendizaje basado en problemas.

2.- En los últimos dos años el porcentaje de docentes que han realizado cursos es ínfimo. Así mismo, la temática de mayor interés es metodología enseñanza-aprendizaje. Actualmente un porcentaje mínimo de los profesores está cursando estudios de posgrado (maestrías) y cursos de formación continua.

3.- Por consiguiente, los cursos de capacitación continua han sido pertinentes para los docentes, dado que les permite analizar las fortalezas y debilidades de su práctica educativa, reconocer las consecuencias de sus acciones dentro del aula de clases y reflexionar para mejorar su praxis en la docencia, por lo cual, se puede elaborar productos directamente aplicables a la enseñanza de matemática.



4.- El Ministerio de Educación establece la observación de la clase, como la forma de evaluar el desempeño docente y está relacionada con la práctica educativa siendo muy eficientes en las unidades educativas objeto de estudio, que se puede evidenciar los resultados de las diferentes capacitaciones atendiendo las necesidades de los estudiantes mediante la aplicación estrategias de enseñanza-aprendizaje de acuerdo a los temas curriculares para que el conocimiento sea significativo que favorece a los educandos como a los catedráticos, con la finalidad de elevar la calidad de la educación.

5.- Por otro lado, el requerimiento para el perfeccionamiento continuo docente es sobre las siguientes temáticas: inteligencia emocional, curso de formación relacionados con el uso de las TIC en la educación matemática, didáctica de la matemática, pedagogía en la enseñanza de las matemáticas, metodología de las ciencias exactas, neuro pedagogía, gamificación en resolución de problemas, planificación y proyectos escolares, herramientas curriculares aplicadas con ERCA, fortalecimiento curricular para el BGU en matemática.

La formación continua en docentes es importante porque permite la actualización del conocimiento: la educación es un campo en constante evolución y los avances en tecnología, investigación y enfoques pedagógicos están en constante cambio. La formación continua permite a los docentes mantenerse al día con los últimos avances y descubrimientos en su campo de estudio, lo que les permite transmitir información precisa y actualizada a sus estudiantes. Además, mejora de la calidad de la enseñanza, pues la formación continua permite a los docentes mejorar sus habilidades pedagógicas y aprender nuevas técnicas de enseñanza. Esto les permite ser más efectivos en el aula, aumentar la participación de los estudiantes y mejorar el aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes.

También es importante señalar que la educación continua permite un desarrollo profesional, ya que es una oportunidad para que los docentes universitarios amplíen sus conocimientos y habilidades, lo que les permite mejorar su desempeño profesional y avanzar en sus carreras. Estos elementos son indispensables para las mejoras en la educación, y además, le permiten al docente la adopción de nuevas tecnologías, ya que la tecnología está cambiando rápidamente el campo de la educación, y los docentes necesitan estar al tanto de los últimos avances para mejorar su enseñanza y mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. La formación continua permite a los docentes aprender y adoptar nuevas tecnologías que pueden mejorar su enseñanza y facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

## REFERENCIAS

- [1] M. Puntunet y A. Domínguez, «La educación continua y la capacitación del profesional de enfermería,» *Revista mexicana de enfermería cardiológica*, vol. 16, nº 3, pp. 115-117, 2017.
- [2] J. Andrade Paco, M. J. Nava Ortega y J. Valverde Núñez, «La educación continua como proceso de formación académica en los alumnos egresados de las instituciones de educación superior en el estado de Sonora (México),» *Contabilidad y Negocios*, vol. 4, nº 8, pp. 57-62, 2009.
- [3] UNESCO, «Ingeniería para el desarrollo sostenible,» 2021. [En línea]. Available: <https://agenda2030lac.org/es/organizaciones/unescoingenieria-para-el-desarrollo-sostenible>.
- [4] M.-J. Arévalo, M. Cantera, V. García-Marina y M. Alves-Castro, «Analysis of University STEM Students' Mathematical, Linguistic, Rhetorical–Organizational Assignment Errors,» *Education Sciences*, p. 173, 2021.
- [5] M. Dzul-Escamilla, «Aplicación básica de los métodos científicos,» Universidad autónoma del estado de Hidalgo, Hidalgo, México, 2021.

- [6] K. Marcano Godoy, «Aplicación de un juego didáctico como estrategia pedagógica para la enseñanza de la estequiometría.» Revista de Investigación, vol. 39, nº 84, 2015.
- [7] G. Ledesma, M. Calderón y L. Rodríguez, Pedagogía y Sociedad., vol. 20, nº 49, pp. 98-123, julio 2017.
- [8] Ministerio de Educación del Ecuador, 2020. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/>.
- [9] Banco Interamericano de Desarrollo, «BID Lab invierte en 'Cápsulas de Aprendizaje' de STEM en Guyana para 1.000 niños,» 01 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.iadb.org/es/noticias/bid-lab-invierte-en-capsulas-de-aprendizaje-de-stem-en-guyana-para-1000-ninos>.
- [10] C. Schultz, «A Balanced Strategy for Entrepreneurship Education: Engaging Students by Using Multiple Course Modes in a Business Curriculum,» Journal of Management Education, pp. 313-344, 2022.
- [11] A. Heydari, S. Kashef, M. Seyyedameri y M. Aghababa, «DISTRIBUTION OF EDUCATIONAL RESOURCES OF THE MINISTRY OF SCIENCE, RESEARCH AND TECHNOLOGY BASED ON THE DEGREE OF DEVELOPMENT OF UNIVERSITIES,» Sport Science, pp. 43-47, 2022.
- [12] Banco Interamericano de Desarrollo, 2022. [En línea]. Available: <https://www.iadb.org/es>.
- [13] G. Martínez-Borreguero, F. Naranjo-Correa y M. Mateos-Núñez, «Cognitive and Emotional Development of STEM Skills in Primary School Teacher Training through Practical Work,» Education Sciences, p. 470, 2022.
- [14] G. d. Pino y S. Estrella, «Educación estadística: relaciones con la matemática,» Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana, vol. 49, nº 1, pp. 53-64, 2012.

## Las Autoras



**Angi Gissell Rodriguez Duarte** es licenciada de ciencias de la educación mención Físico y Matemáticas, egresada del programa de maestría con trayectoria profesional pedagogía de las ciencias experimentales con mención en Matemática y Física, de la Universidad Técnica de Manabí.



**Alba Dolores Alay Giler** es licenciada de Ciencias de la Educación con especialidad en Física y Matemáticas, magister en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales, docente titular de la Universidad Técnica de Manabí.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.114>

# Experimentación y proyectos: una estrategia para generar aprendizaje de ciencias naturales en los estudiantes

Carlos Xavier Bernardi Romero  
<https://orcid.org/0000-0002-3535-4891>  
carlos.bernardi@educacion.gob.ec  
Estudiante Posgrado Universidad  
Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Celeste Jacqueline Chavarría Veliz  
<https://orcid.org/0000-0002-6352-0914>  
celeste.chavarria@educacion.gob.ec  
Docente del Ministerio de Educación  
del Ecuador  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (27/07/2022), Aceptado (11/04/2023)

**Resumen:** El objetivo del artículo es describir la implementación de la experimentación y proyectos como estrategias para generar aprendizajes de Ciencias Naturales en estudiantes de Educación General Básica de secundaria. La metodología fue de tipo descriptiva con un enfoque mixto, un diseño de campo y de corte transversal. Como instrumentos se emplearon la entrevista a la docente del área, la evaluación diagnóstica inicial a 74 estudiantes del nivel secundaria, posterior a la implementación de la estrategia un formulario de satisfacción y una lista de cotejo para evaluar los resultados. Se concluye que la estrategia ejecutada mediante una feria de aula científica sirve para promover el aprendizaje significativo, aplicando el conocimiento en situaciones de la vida real, permitiendo a los estudiantes realizar afirmaciones y justificaciones empleando un lenguaje científico, alineado con la enseñanza para la comprensión de la ciencia.

**Palabras clave:** Ciencias Naturales, experimentos, estrategias, proyectos.

Experimentation and projects: a strategy to generate learning of  
Natural Sciences in students

**Abstract.** - This article aims to describe the implementation of experimentation and projects as strategies to generate learning of Natural Sciences in students of General Basic Education of secondary school. The methodology was descriptive with a mixed approach, a field, and a cross-sectional design. The instruments used were an interview with the teacher of the area, an initial diagnostic evaluation of 74 secondary school students, a satisfaction form after the implementation of the strategy, and a checklist to evaluate the results. It is concluded that the strategy implemented through a scientific classroom fair promotes meaningful learning, applying knowledge in real-life situations, and allowing students to make statements and justifications using scientific language, aligned with teaching for understanding science.

**Keywords:** Natural sciences, experiments, strategies, projects.



## I. INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe se han presentado dificultades en la enseñanza de los saberes científicos [1], cada vez son mayores los retos que debe enfrentar la sociedad respecto al fortalecimiento de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, es así, como la experimentación y los proyectos son una alternativa para cumplir con los desafíos de una sociedad que se transforma continuamente. En ese contexto Vásquez y Manassero [2] destacan que metodologías como la investigación, los proyectos, la resolución de problemas, el aprendizaje mediado por tecnología, interactivo, social y cooperativo, les permite a los estudiantes acercarse a la alfabetización científica. En concomitancia Morón y Daza [3] plantean que la innovación docente posiciona al alumnado como protagonistas del proceso enseñanza-aprendizaje, donde no solo aprenden ciencias, sino que además toman el rol activo de divulgadores científicos.

Teniendo como eje central el desarrollo de las competencias en el área de ciencias mediante procesos de innovación educativa, Morales [4] afirma que mantener el carácter indagatorio en los estudiantes es fundamental para despertar el interés y lograr un adecuado desarrollo de competencias científicas y pensamiento crítico. Así entonces se puede indicar que el desarrollo de actividades formativas donde el alumnado pone en práctica los conocimientos teóricos adquiridos a partir de la experimentación constituye una interesante estrategia metodológica para conseguir competencias científicas [5].

Por otro lado, en Ecuador Ayala e Hidrovo [6] sostienen que fomentar la capacidad de exploración en niños y jóvenes redundará en el desarrollo de un pensamiento activo, crítico y lógico por el estudio de las ciencias. Así se pone de manifiesto que en la evolución de la actual sociedad del conocimiento urge formar un gran número de individuos con una amplia comprensión de los temas científicos. Resalta Jaramillo [7] que la epistemología del conocimiento plantea su metodología en enseñar a través de la observación, experimentación e investigación científica, en la que se potencia habilidades y capacidades que contribuyen a la formación de seres humanos críticos y participativos. En fin, el saber evoluciona de manera rápida, por ende, enseñar ciencia traza un reto de actualización constante, donde no solo se sugiere al alumno como protagonista, sino como responsable de su aprendizaje, destacando que es un proceso dual, donde el que enseña aprende y el que aprende enseña.

Sin embargo, la educación en Ecuador con base en los resultados de las derivaciones educativas 2017 – 2018 determinadas por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa, respecto a la calidad de los aprendizajes, tomando como referencia la prueba Ser estudiante, se concluye que los estudiantes de Educación General Básica en las evaluaciones muestran resultados académicos deficientes, apreciándose en términos generales que Lengua y Literatura es el dominio de aprendizaje donde los estudiantes ecuatorianos registran mejores resultados [8]. Ante este panorama, el currículo de Ciencias Naturales del Ecuador del Ministerio de Educación [9] invita a los docentes a proyectar un intercambio de conocimientos en función de lograr aprendizajes significativos útiles para la vida.

No obstante, en la actualidad predomina la visión tradicional de la enseñanza, diversas investigaciones [10], [11], [12] revelan que la actividad docente ecuatoriana sigue anclada en el patrón conductista, mecanicista y unidireccional, donde se limita al estudiante a ser un receptor de información. En el contexto de la Unidad Educativa objeto de estudio, en la asignatura de Ciencias Naturales se evidenció como problemática que la apropiación del aprendizaje por parte de los educandos es memorística, lo cual se debe al empleo de estrategias metodológicas pasivas, que son poco atractivas para los estudiantes.

Por consiguiente, el presente trabajo tuvo como objetivo describir la implementación de la experimentación y los proyectos como estrategias para generar aprendizajes de Ciencias Naturales en estudiantes del primer año de secundaria. Esto con el propósito de generar aprendizajes significativos en el área, pensamiento crítico y competencias prácticas, para ello se reconocieron las experiencias y estrategias que eran empleadas por los educadores, se diagnosticó las condiciones iniciales de conocimiento de los educandos respecto a los ecosistemas y ciclos biogeoquímicos, se diseñó y aplicó una estrategia mediante práctica de proyectos experimentales en una feria de aula, por último se valoraron los resultados incluyendo componentes de evaluación metacognitiva.

Este trabajo se sustenta en la teoría constructivista mediante las metodologías activas de los proyectos experimentales. La estructura incluye la introducción con una breve reseña de la problemática y objetivos del trabajo, el desarrollo donde se ejecutó, la sistematización teórica que fundamenta el estudio, la metodología donde se establece el enfoque, tipo, técnicas e instrumentos utilizados, los resultados con su discusión que presentan la información recolectada en el campo previo y posterior a la aplicación de la propuesta, por último, las conclusiones que responden al cumplimiento de los objetivos.

## II. DESARROLLO

### A. Aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo se caracteriza por la construcción armónica y coherente de conocimientos, parece una serie de naves de comunicación que conectan para formar redes de información, es importante cómo se integra el nuevo conocimiento al conocimiento existente y este último en la estructura cognitiva del sujeto [10]. El propósito es que este conocimiento se conserve en el tiempo. Para ello el sujeto debe tener ganas de aprender involucrando la parte intelectual, afectiva, social y cultural del individuo, que el material sea significativo, transferible y claro [3].

En concomitancia el aprendizaje se da a través de la interacción de cada persona con su entorno, es un proceso individual y único según los intereses de cada individuo, los conocimientos previos, así como el mundo familiar y social, lo que lleva a la propia comprensión e interpretación de la persona, hay aprendizaje cuando se produce un cambio en el individuo.

### B. Aprendizaje de Ciencias Naturales

La ciencia es el conocimiento cierto de las cosas [7], en cambio otros autores [1] señalan que es un conjunto sistematizado de conocimientos veraces y comprobados que contribuyen a conceptualizar nuevos conocimientos, es por ello que al aprender ciencias naturales se considera los conocimientos verídicos y comprobados para potenciar aprendizajes duraderos e íntegros, escenarios que favorecerán aprendizajes significativos y productivos.

Por otra parte, Pozo y Gómez [13] proponen cinco metas para la educación científica en la época actual: a) Aprendizaje de conceptos y construcción de modelos, b) Desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico, c) Desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas, d) Desarrollo de actitudes y valores, e) Construcción de una imagen de la ciencia. Estas representan la esencia de la competencia científica o de otra forma, de las disciplinas para ciencias naturales porque se traducen en contenidos alcanzables por medio de la magnitud verbal, procedimental y actitudinal de manera tal que, el aprendizaje construido incluya el razonamiento científico universal y transversal con otras disciplinas.

### C. Estrategia didáctica

En el campo educativo las estrategias empleadas por los maestros son de trascendencia ya que estas precisarán el tipo de educación que se impartirá al estudiantado tomando en cuenta la variedad, ritmos y estilos de aprendizaje [11]. Alinean el aprendizaje que se edificará y la metodología que el profesorado empleará para garantizar que los diferentes contenidos y tópicos sean adquiridos por el estudiantado, dando paso al desarrollo de competencias [14].

### D. Estrategia de experimentación

La experimentación es un pilar primordial en la enseñanza de la asignatura mencionada, pues esta se fundamenta en los estudios de los fenómenos naturales que son reproducidos en condiciones seguras que permitan mantener el control, de remover o incorporar variables, con la intención de comprenderlos y entenderlos. García y Moreno [15] manifiestan que “la experimentación es imprescindible en la educación de las Ciencias Naturales, por cuanto vincula la observación y el experimento para constituir explicaciones sobre un sistema de hechos visibilizados en un fenómeno natural” (p. 152). En definitiva, mediante la experimentación el estudiantado se vuelve protagonista del progreso de sus aprendizajes, o sea, con este proceso, el alumnado va a saber que aprender a aprender en realidad es el fin de la ciencia.

### E. Proyectos estudiantiles

Los proyectos son trabajos educativos más o menos prolongados, con fuerte participación de los educandos en su planteamiento, en su diseño y en su seguimiento, y propiciador de la indagación infantil en una labor autopropulsada conducente a resultados propios. Un proyecto combina el estudio empírico con la consulta bibliográfica y, puede incluir propuestas y/o acciones de cambio en el ámbito social [16]; la enseñanza por proyectos resulta una estrategia imprescindible para lograr un aprendizaje escolar significativo y pertinente.

Las Ciencias Naturales posibilita laborar un sin número de metodologías didácticas, como es la cuestión esta estrategia, que resulta ser un componente motivante que despierta la curiosidad del alumnado, combinando sus conocimientos previos y los adquiridos recientemente, para aplicarlos en métodos contextualizados al tema, lo cual otorgará sentido a la vivencia frente al desarrollo teórico.

## III. METODOLOGÍA

Esta investigación epistemológicamente se desarrolló con la investigación-acción práctico, siendo de tipo descriptiva con un enfoque mixto cuali-cuantitativo, con un diseño de campo debido que su aplicación fue en la práctica y de corte transversal. Los métodos teóricos empleados fueron el análisis y la síntesis, para la elaboración del marco teórico de la investigación, también durante el análisis de los resultados. Histórico-lógico: se manejó en la revisión bibliográfica para determinar lo escrito sobre el tema. Sistémico estructural: para concebir la coherencia estructural de los proyectos. Inductivo deductivo: se puso en práctica al interpretar los resultados obtenidos en la investigación los cuales permitieron emitir las conclusiones. Además, como métodos empíricos se aplicaron: la entrevista semiestructurada, prueba de conocimientos, encuesta de satisfacción y lista de cotejo; el método estadístico-matemático; en este caso se utilizó la estadística descriptiva para la interpretación los resultados obtenidos, mediante las herramientas del programa Microsoft Excel y el paquete estadístico SPSS versión 23.0.

La unidad de análisis es una Institución Educativa de la provincia de Manabí, Ecuador, en cuanto a la población, está constituida de 74 estudiantes pertenecientes a primer año de secundaria grupos A y B, con estos se trabajó la propuesta aplicando la estrategia de difusión científica. Además, una docente representante del área de Ciencias Naturales. Cabe indicar que no existió muestreo, porque es un estudio poblacional, es decir, todos los integrantes participaron en la investigación.

El procedimiento que se desarrolló para aplicar los instrumentos y analizar la información obtenida en el trabajo de campo se detalla en las siguientes fases:

- Primera fase, se aplicó una entrevista a la docente del área que constó de siete (7) preguntas adaptadas del modelo validado de otras investigaciones [17], [18] con la finalidad de tener su apreciación acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje; así como las estrategias empleadas en la materia de ciencias naturales.
- Segunda fase, para la puesta en práctica de la parte cuantitativa se trabajó con dos grupos de estudiantes del mismo nivel, pero de distintos grupos (A y B). Ha ambos se les realizó una evaluación diagnóstica inicial de conceptos básicos de ciencia acerca de los contenidos ecosistemas y ciclos biogeoquímicos [19], [20]. Una vez obtenido los datos fueron confrontados para establecer las condiciones iniciales.
- Tercera fase, se desarrollaron ocho sesiones de clases siguiendo el proceso de enseñanza y aprendizaje con la estrategia de difusión de conocimientos, mediante la implementación práctica de los proyectos experimentales estudiantiles.
- Cuarta fase, la evaluación de la propuesta se realizó mediante una feria de aula científica donde los estudiantes pusieron en práctica lo aprendido a partir de experiencias desarrolladas cumpliendo con el componente de evaluación metacognitiva, esta fase fue calificada por los directivos de la institución mediante una lista de cotejo [21].
- Finalmente, la investigación presenta una fase cualitativa para lo cual se realizó una encuesta [17], [22] para valorar el grado de satisfacción con la propuesta, en aspectos como: adquisición de conocimientos, habilidades científicas de indagación, comunicación, trabajo en equipo, explicación, entre otras. Además, se incluye una pregunta abierta para incluir una reflexión metacognitiva en los aspectos evaluativos.

#### **IV. RESULTADOS**

A. Experiencias y estrategias empleadas por los docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Ciencias Naturales

En la entrevista, la educadora del área manifestó que las metodologías y estrategias didácticas que emplean en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales están marcadas por el texto de la asignatura, desarrollo de organizadores gráficos, análisis de lecturas, participación, aprendizaje colaborativo mediante trabajos grupales y exposiciones en clases. Para la evaluación de conocimientos emplean como instrumentos pruebas orales, escritas y exposiciones, con criterios de responsabilidad y cumplimiento.

Los desafíos para impulsar el aprendizaje están dados por la limitación de tiempo para cumplir con el currículo de ciencias, por ello la educadora sugiere la reducción de la carga administrativa a los docentes, adecuación de espacios e instrumentos para laboratorio donde se pueda aplicar estrategias como la experimentación. Sostiene que los estudiantes son estimulados cuando se les brinda la oportunidad de relacionar la teoría con la práctica, lo cual se logra en pocas ocasiones.

Respecto a estos planteamientos varios autores [23], [24] aseguran que para impulsar el proceso de enseñanza-aprendizaje de Ciencias Naturales resulta útil emplear estrategias didácticas y el método de aprendizaje basado en proyectos mediante la experimentación, práctica, trabajo en equipo y orientación docente que permite aumentar la capacidad analítica, riqueza conceptual, conocimiento científico y resolución de problemas en el área.

En relación con los resultados obtenidos es evidente que las metodologías y estrategias empleadas actualmente en la institución objeto de estudio tienen un enfoque tradicional, esto producto de las limitaciones materiales y temporales de los educadores por lo cual no emplean herramientas innovadoras como los proyectos experimentales del modelo constructivista que permiten el desarrollo de competencias, motivación y aprendizajes cooperativos.

A. Condiciones iniciales de conocimiento de los estudiantes respecto a los ecosistemas y ciclos biogeoquímicos

Se aplicó una prueba diagnóstica de quince preguntas que permitió conocer el nivel de conocimiento inicial sobre los ecosistemas y ciclos biogeoquímicos, para ello se evaluó en base a los siguientes criterios:

**Tabla 1.** Criterios para evaluación de niveles de conocimientos iniciales

Rango	Calificación	Significancia
0-5 Respuestas correctas	Insuficiente	Bajo Nivel de Conocimiento
6-10 Respuestas correctas	Regular	Medio Nivel de Conocimiento
11-15 Respuestas correctas	Satisfactorio	Alto Nivel de Conocimiento

Se observó que los estudiantes de secundaria de los grupos A y B presentan en su mayoría niveles bajos de conocimientos sobre la temática, respondiendo pocas preguntas de forma correcta con una calificación insuficiente; la tercera parte de la población posee un nivel medio teniendo una calificación regular.

Estos resultados coinciden con la investigación realizada en la Unidad Educativa Jacinto Jijón [25] al mismo nivel donde se corroboró un bajo rendimiento en la asignatura de Ciencias Naturales, poco interés, baja participación y deficientes calificaciones en el área, así también con los resultados de la evaluación PISA-D aplicada por el INEVAL [8] donde a nivel nacional se obtuvieron mínimos puntajes producto de la poca inversión en el campo científico educativo.

En síntesis, los niveles de conocimientos son bajos, de lo cual se puede deducir que la mayoría de las estrategias utilizadas por los docentes tienden a ser tradicionalistas. La memorización de partes textuales del libro, pocas actividades orientadas en la solución de problemas reales o hipotéticos, falta de variedad de trabajos que promuevan la investigación, proyectos, experimentos, entre otros, obstaculizan el logro de las destrezas. Por lo cual, se evidencia la necesidad de implementar una estrategia didáctica que permita la difusión de conocimiento, así como el desarrollo de competencias y habilidades científicas.



B. Estrategia de difusión de conocimientos en Ciencias Naturales mediante la práctica de proyectos experimentales

La institución educativa objeto de estudio sigue un modelo pedagógico constructivista, utilizando la estrategia de aprendizaje cooperativo, que permite el trabajo en equipo, orientando a potenciar sus capacidades, tanto individuales como grupales desarrollándolo mediante un trabajo colectivo. La estrategia didáctica se diseñó atendiendo a los principios de enseñanza del aprendizaje por investigación y sus protocolos, con algunas adaptaciones, para la elaboración de la propuesta. En el diseño de los proyectos se construyó una hoja de trabajo que contiene la formulación de las preguntas y situaciones específicas para valorar e identificar el desarrollo de las habilidades científicas citadas en la tabla 2.

**Tabla 2.** Habilidades científicas.

Habilidades científicas	Detalle
Identificar	Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre fenómenos naturales
Indagar	Capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados, para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas
Explicar	Las explicaciones se construyen a partir de: - Reconocimiento previo de un problema o pregunta y de los conocimientos que proveerán las explicaciones y - Ordenar unos determinados hechos según la relación de causa-efecto. De esta manera se logra un plan general de sistema de ideas que resulta sencillo y no excesivamente especializado.
Comunicar	Transmitir una información en forma verbal o escrita, mediante diversas herramientas como dibujos, ilustraciones científicas, tablas, gráficos, TIC, entre otras
Trabajar en equipo	Capacidad para interactuar productivamente asumiendo compromisos

La metodología de trabajo en el aula comprendió ocho encuentros sincrónicos donde se abordaron algunas temáticas propias de los Ecosistemas y ciclos biogeoquímicos. En la primera sesión se abordaron los conceptos sobre los ecosistemas, en la segunda intervención se trabajó los ciclos biogeoquímicos, y en el tercer encuentro se trabajaron tipos de ciclos según la complejidad y movilidad de estos, posterior se trabajó con el ciclo del agua, el carbono, azufre y fósforo, en la última sesión se cerró con la relevancia de este tema para la vida en la tierra, beneficios y características, siendo un cierre y refuerzo de contenidos.

Finalizada las sesiones se desarrollaron cuatro proyectos dos por cada grupo a manera de tareas grupales, en que los estudiantes deben cumplir con aspectos teóricos, científicos y un experimento que permitirá evaluar las habilidades científicas en cada uno de los contextos desarrollados en las clases. Las temáticas de los proyectos fueron: mi primer ecosistema, ciclo del agua, ciclo del carbono y alteración de los ciclos biogeoquímicos, los cuales fueron expuestos en una feria de aula científica como componente evaluativo.

C. Evaluación de los resultados de la propuesta mediante una feria de aula científica

La feria de aula científica realizada en la institución educativa permitió a los estudiantes reforzar los aprendizajes mediante la experimentación, la evaluación de resultados desarrollada por tres directivos de la comisión académica respondió a los criterios de calificación de la tabla 3.

**Tabla 3.** Criterios de evaluación lista de cotejo.

Calificación	Criterios
1	No Aceptable
2	Insuficiente
3	Hay que mejorar
4	Aceptable
5	Excelente

La evaluación mostró resultados favorables (tabla 4), los cuatro proyectos presentados tuvieron calificaciones mayormente excelentes, en cuanto al resumen del trabajo se evaluó la presentación ordenada, correcta redacción, objetivos, metodología y efectos; en la presentación visual se consideró la representación, materiales y creatividad; la presentación oral estuvo definida por el dominio del tema, desenvolvimiento, aplicación de conocimientos, interpretación de evidencia científica, así como la comunicación clara.

**Tabla 4.** Resultados de la propuesta.

	Resumen del proyecto	Presentación visual	Presentación oral	Promedio General
Proyecto 1 Mi Primer Ecosistema	5	4,9	4,76	4,89
Proyecto 2 Ciclo del Agua	5	5	4,85	4,95
Proyecto 3 Ciclo del Carbono	5	5	5	5,00
Proyecto 4 Alteración de los Ciclos Biogeoquímicos	4,93	5	4,62	4,85

Esta evaluación se complementó con una encuesta a los estudiantes, donde se evidenció su satisfacción respecto a la exposición de los proyectos experimentales, los cuales les permitieron el desarrollo de las habilidades científicas como la indagación, interpretación, argumentación, discusión, cuestionamientos e interacción en general, adicional como componente metacognitivo los educandos reconocen la utilidad de los conocimientos adquiridos para su vida diaria, siendo beneficiosos para poder incrementar su participación en clase, concientizar acerca del cuidado ambiental, contribuir a evitar daños al ecosistema y sus ciclos, reconocer los problemas de contaminación, perder el miedo de expresarse en público, maximizando sus oportunidades de experimentar y mejorar.

Las prácticas experimentales son una parte integral de la enseñanza de ciencias naturales en bachillerato. Según un estudio publicado en la revista "Journal of Chemical Education", las prácticas experimentales pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades científicas críticas, como la capacidad de hacer observaciones precisas, formular preguntas y diseñar experimentos para responder a esas preguntas. Las prácticas experimentales también pueden ayudar a los estudiantes a comprender conceptos científicos complejos. Según un estudio publicado en la revista "Journal of Research in Science Teaching", las prácticas experimentales pueden mejorar la comprensión de los estudiantes de conceptos abstractos, como la estructura de los átomos y las moléculas, al permitirles ver y manipular los materiales en tiempo real.

Además, las prácticas experimentales pueden ser especialmente beneficiosas para los estudiantes que no tienen una experiencia previa en ciencias naturales. Según un estudio publicado en la revista "Science Education", las prácticas experimentales pueden ayudar a los estudiantes que no tienen una experiencia previa en ciencias a desarrollar una comprensión más profunda y significativa de los conceptos científicos, lo que puede llevar a una mayor motivación y éxito en el aprendizaje a largo plazo. Por otro lado, se puede afirmar que las prácticas experimentales son una parte integral de la enseñanza de ciencias naturales en bachillerato y pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades científicas críticas, comprender conceptos científicos complejos y tener éxito en el aprendizaje a largo plazo. Además, las prácticas experimentales pueden ser especialmente beneficiosas para los estudiantes que no tienen una experiencia previa en ciencias naturales.

## CONCLUSIONES

Las metodologías y estrategias empleadas por los docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Ciencias Naturales son tradicionales, basadas en lectura de textos, trabajos grupales y exposiciones, las cuales presentan limitaciones de tiempo y materiales para llevar la teoría a la práctica lo cual desmotiva a los estudiantes; por ello, el nivel de conocimientos de las temáticas de la materia es bajo e insuficiente.

La estrategia de difusión de conocimientos en Ciencias Naturales, se implementó mediante clases sincrónicas donde se abordaron las temáticas de los ecosistemas y ciclos biogeoquímicos, posterior a la enseñanza se desarrollaron proyectos basados en el aprendizaje cooperativo y experimental, los cuales permitieron el desarrollo de habilidades científicas como son: la identificación, indagación, explicación, comunicación y el trabajo en equipo, esto fue evaluado mediante una feria de aula que obtuvo calificaciones sobresalientes; así también los educandos se mostraron motivados, comprometidos e interesados en aprender y transmitir sus conocimientos, comprendiendo la utilidad de estos para su vida y desarrollo integral.

La estrategia empleada está enmarcada dentro de las metodologías activas, donde los estudiantes son protagonistas en la creación de sus conocimientos y el educador es un guía, la investigación se limitó a un nivel educativo y a cuatro proyectos según su alcance, por lo cual las derivaciones son iniciales siendo recomendable replicarla en otros niveles con diferentes temáticas para comparar los resultados. Se sugiere además futuras líneas de investigación sobre estrategias con metodologías activas en el área de Ciencias Naturales que involucren el uso de herramientas tecnológicas para fomentar la innovación y creatividad.

Se observó que las prácticas experimentales contribuyen notoriamente al aprendizaje, al desempeño estudiantil y al trabajo colaborativo docente-estudiante, aportando en la formación de los jóvenes y en su crecimiento y desarrollo personal. Se observó que las actividades prácticas son beneficiosas en todos los contenidos siempre que estos tengan el soporte teórico para su implementación.

## Reconocimiento

A la Universidad Técnica de Manabí y al Instituto de Posgrado por promover la investigación, innovación y creatividad en sus integrantes buscando la mejora continua en sus procesos.

## REFERENCIAS

- [1] M. Iturralde, M. Bravo y A. Flores, «Agenda actual en investigación en didáctica de las Ciencias Naturales en América Latina y el Caribe,» Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 19, nº 3, pp. 49-59, 2017.
- [2] Á. Vásquez y A. Manassero, «Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento,» Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 17, nº 2, pp. 10-20, 2018.
- [3] H. Morón y P. Daza, «Con el agua: Mójate, un proyecto de innovación docente y alfabetización científica,» Revista Andina de Educación, vol. 2, nº 1, pp. 2-7, 2019.
- [4] N. Morales, «La experimentación en Ciencias Naturales como estrategia de alfabetización científica,» UCMaule, vol. 1, nº 60, pp. 102-116, 2021.
- [5] D. Roca, J. Sánchez y J. López, «Estrategias innovadoras de divulgación de la cultura científica en Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato: Descripción del proyecto Masterchem y análisis de resultados,» Revista Prisma Social, vol. 1, nº 31, pp. 239-263, 2020.
- [6] A. Ayala y A. Hidrobo, «Ciencia al rescate: descubre el científico que hay en ti,» Esferas, vol. 2, nº 1, pp. 160-179, 2021.
- [7] L. Jaramillo, «Las ciencias naturales como un saber integrador,» Sophia. Colección de Filosofía de la Educación, vol. 1, nº 26, pp. 199-221, 2019.
- [8] INEVAL, «La educación en Ecuador Logros alcanzados y nuevos desafíos. Resultados educativos,» Instituto Nacional de Evaluación Educativa, Ecuador, 2018.
- [9] Ministerio de Educación, «Currículo de Ciencias Naturales,» MinEduc, Quito, 2018.
- [10] J. Amores y G. Ramos, «Limitaciones del modelo constructivista en la enseñanza-aprendizaje de la Unidad Educativa Salcedo, Ecuador,» Revista Educación, vol. 45, nº 1, pp. 38-50, 2021.
- [11] R. Macías y G. Ramírez, «Liderazgo educativo transformacional como necesidad de las instituciones educativas en la República de Ecuador,» REFCaE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa, vol. 3, nº 2, pp. 109-120, 2015.
- [12] A. Hermann, D. Apolo y M. Molano, «Reflexiones y perspectivas sobre los usos de las redes sociales en educación. Un estudio de caso en Quito-Ecuador,» Información tecnológica, vol. 30, nº 1, pp. 215-224, 2019.
- [13] J. Pozo y M. Gómez, Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico, Madrid: Morata, 2019.
- [14] J. Pamplona, J. Cuesta y V. Cano, «Estrategias de enseñanza del docente en las áreas básicas: una mirada al aprendizaje escolar,» Eleuthera, vol. 21, nº 1, pp. 13-33, 2019.
- [15] A. García y Y. Moreno, «La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria,» Bio-grafía, vol. 13, nº 24, pp. 149-158, 2020.
- [16] V. García, V. Ausín, V. Delgado y R. Casado, «Aprendizaje basado en proyectos y estrategias de evaluación formativas percepción de los estudiantes universitarios,» Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, vol. 13, nº 1, pp. 93-110, 2020.
- [17] L. Caicedo, «Miniproyectos: una estrategia metodológica didáctica basada en la enseñanza para la comprensión en las Ciencias Naturales experimentales de escolares,» Maestría en Educación en la Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB., Bucaramanga, 2015.
- [18] C. Cajape, «Estrategia didáctica para la enseñanza de Ciencias Naturales,» Maestría en Innovación Educativa Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2022.
- [19] G. Lamprea, «La Energía y los Ciclos Biogeoquímicos en la Vida,» Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional de Colombia, 2019.
- [20] Instituto Nacional de Evaluación Educativa, «Pruebas liberadas Ser Bachiller,» INEVAL, Quito, 2017.

- [21] D. Campos, «Feria de ciencias como estrategia de adquisición de habilidades de indagación, creatividad y expresión en el aprendizaje de la química,» Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla México, 2017.
- [22] L. Limas, «Los miniproyectos como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades científicas,» Universidad Pedagógica Nacional, 2020.
- [23] L. Causil y A. Rodríguez, «Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) experimentación en laboratorio, una metodología de enseñanza de las Ciencias Naturales,» Plumilla Educativa, vol. 27, nº 1, pp. 105-128, 2021.
- [24] L. Guerrero, «Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia para fortalecer las competencias científicas en ciencias naturales,» Paideia Surcolombiana, vol. 1, nº 24, p. 67-76, 2019.
- [25] J. Huacho, «Aprendizaje en el área de Ciencias Naturales: una propuesta pedagógica desde el enfoque del aprendizaje basado en proyectos,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Maestría en Innovación en Educación, Quito, 2022.

## LOS AUTORES



**Carlos Bernardi** es licenciado en Ciencias de la Educación mención Química y Biología, ecuatoriano, nacido en la provincia de Manabí cantón Rocafuerte. Docente de Ciencias Naturales del Magisterio Fiscal con nombramiento definitivo desde el año 2012 hasta la actualidad.



**Celeste Chavarría** es magister en Gerencia educativa, Licenciada en Ciencias de la Educación, especialidad Ciencias Naturales, nacionalidad ecuatoriana, Docente de Ciencias Naturales del Magisterio Fiscal con 33 años de experiencia en el campo educativo.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.115>

# Estudio de viabilidad para la creación de una planta de transformación de chocolate

Huayamave Álvarez Karla Dolores  
<https://orcid.org/0009-0001-8265-378X>  
k.huayamave0968@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Mera Párraga Marlon Javier  
<https://orcid.org/0000-0001-7710-9766>  
marlon.mera@utm.edu.ec  
Docente de la carrera de Ingeniería Industrial  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Góngora Muñoz Erika Jahaira  
<https://orcid.org/0000-0001-9142-4789>  
erika.gongora@utm.edu.ec  
Departamento de Química  
Facultad de Ciencias Básicas  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Dueñas Utreras Juan Antonio  
<https://orcid.org/0000-0001-7213-4890>  
juan.duenas@utm.edu.ec  
Carrera de Ingeniería Industrial  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (13/11/2022), Aceptado (10/05/2023)

**Resumen:** Este trabajo presenta un estudio de factibilidad para la creación de una planta procesadora de chocolate, la investigación realizada tiene un enfoque mixto, con un estudio de mercado, estudio técnico y análisis financiero, que examinaron la aceptación del chocolate comercializado, sus características, operaciones y el impacto mercantil que representa. El chocolate tuvo un buen nivel de aceptación para el mercado seleccionado (personas de 15–64 años), el estudio técnico determinó una producción al 100% de 300.000 barras de chocolate, para el año 8 del proyecto hasta el año 10, el análisis financiero denotó una tasa interna de retorno del 46% y una tasa de oportunidad esperada del 35% igual a \$148.039,11 en el valor actual neto, se determinó la factibilidad del proyecto, desde los diversos análisis efectuados, planteando un apalancamiento del 98% y una inversión del 2% resultando en un total de \$304.814,58.

**Palabras clave:** Estudio de mercadeo, análisis técnico-financiero, chocolate, factibilidad.

## Feasibility study for the creation of a chocolate processing plant

**Abstract.** - This article presents a feasibility study for establishing a chocolate processing plant. The study employed a comprehensive approach, encompassing with a market analysis, technical assessment, and financial evaluation to examine the acceptance of chocolate, its characteristics, operational requirements, and the potential market impact. The selected target market (individuals aged 15-64) displayed a favorable reception towards the chocolate products. The technical study indicated a projected production capacity of 300,000 chocolate bars annually, commencing from the 8th year and continuing until the 10th year of the project. The financial analysis revealed a promising internal rate of return of 46% and an expected opportunity rate of 35%, resulting in a net present value of \$148,039.11. Based on the comprehensive analyses conducted, the project demonstrated feasibility, with a proposed leverage of 98% and a required investment of 2%, resulting in a total investment amounting to \$304,814.58.

**Keywords:** Marketing study, technical-financial analysis, chocolate, feasibility.



## I. INTRODUCCIÓN

Latinoamérica es conocida por albergar una amplia diversidad de variedades de cacao. En general, existen tres principales variedades de cacao: Criollo, Forastero y Trinitario. Ecuador se destaca por ser uno de los pocos países que produce principalmente cacao fino de aroma, una clasificación que engloba principalmente las variedades de Criollo y Trinitario, consideradas de alta calidad y sabor excepcional. En este sentido, la producción de cacao es una actividad agrícola de gran presencia en el Ecuador, según los datos reflejados [1] en Manabí, Ecuador, representa un 14% con una producción de 39,884 Tm de cacao y un rendimiento de 0.4 Tm/ha a nivel nacional.

De manera que el cacao como materia prima para la elaboración de chocolate es algo que se encuentra presente y accesible a nivel nacional y provincial en Ecuador. El procesamiento de dicho producto de forma industrial, permite darle un valor agregado, además, de crear plazas de empleo y brindar mejores oportunidades al productor. Se conoce que en el cantón Bolívar provincia de Manabí-Ecuador para el cultivo agrícola de cacao se destinan 3,858.23 ha [2], el consumo de cacao en las familias se da en productos como el chocolate que está presente en diversas presentaciones en la alimentación diaria, en el Ecuador la demanda de consumo anual de chocolate oscila entre los 300 y 800 gramos por persona al año [3].

De acuerdo a la producción del cacao y la fabricación del chocolate como su producto principal de consumo en distintas regiones. Estudios asociados a la temática demuestran la importancia de este proceso. Investigaciones realizadas muestran que la creación de empresas comercializadoras de chocolates es algo rentable, beneficioso para el contexto local y factible [4].

En Ecuador se han realizado estudios similares, en la ciudad de Riobamba, en esta línea de investigación se encuentra un estudio de factibilidad sobre la producción de chocolate con miel de chaguarmishqui [5], este demostró una evaluación financiera del proyecto, con un valor actual neto (VAN) positivo de \$4.296,53 y con una tasa interna de retorno (TIR) del 27%, el beneficio de costo fue de \$ 1,35 para una proyección de 5 años, en Buena Fe-Los Ríos, se conoció que para la implementación de una planta procesadora de manteca de cacao [6], el valor actual neto (VAN) fue de USD 636.840,72 y la tasa interna de retorno (TIR) fue mayor que la tasa de atractividad del mercado del 34% para una proyección de 5 años. Así mismo, en Jama -Manabí estudios sobre el procesamiento de derivados de cacao [7], revelaron que el valor actual neto es de \$45.996,37, la tasa interna de retorno de 21%, y la relación beneficio-costos fue de \$2,71 para una proyección de 10 años, de esta manera se observa que las evidencias investigativas favorecen el objetivo de estudio que plantean los autores de este artículo.

Por consiguiente, el enfoque de este escrito está basado en el desarrollo de un estudio de factibilidad que permita determinar la viabilidad en la implementación de una planta procesadora de chocolate en Ecuador. Así pues, permitirá conocer si el proyecto es factible y a su vez desarrollar un estudio técnico – financiero y evaluación de la demanda del producto a ofertar, de manera que la aplicación de esta investigación, pretende ser una guía para el establecimiento de una empresa dedicada para el procesamiento de cacao y de esta forma vincular al productor con el fabricante y el cliente, además de brindar oportunidades a personas del cantón a través de la creación de nuevas fuentes de trabajo y desarrollo.

## II. DESARROLLO

Un estudio de factibilidad permite a una investigación reconocer si un proyecto de inversión es rentable o no, es decir "es el análisis de una empresa para determinar si el negocio que se propone será bueno o malo, y en cuales condiciones se debe desarrollar para que sea exitoso" [8]. De igual forma, para un estudio de factibilidad dentro de los proyectos de inversión se puede recurrir a "estrategias de ejecución en función de la disponibilidad de financiamiento, se puede presentar un conjunto de variantes en las cuales se analizan los valores relativos de los indicadores que son claves, como las relaciones públicas (PR), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)" [9].

En este sentido, se puede entonces definir que un estudio de mercado es aquel que se encarga de reconocer diversos aspectos como segmentación de mercado, diseño de producto a ofertar y aceptación de este, de manera que se define como la toma de decisiones luego de una búsqueda exhaustiva, pudiendo definirlo además como aquellos estudios relacionados al mercado [10].

Por otro lado, el producto es descrito por Thompson [11] como aquel resultado que nace de un conjunto de atributos tangibles e intangibles, los cuales satisfacen las necesidades y deseos de sus compradores, y en este sentido el producto puede ser un bien o servicio que beneficia y satisface a un cliente, por tanto, para su creación y desarrollo, son necesarios un conjunto de esfuerzos y procesos. Así mismo en un estudio de mercado, es fundamental analizar la demanda y con ello la segmentación de mercado [12], para considerar el sentido a la estrategia, ya que la empresa requiere ser orientada al mercado y al cliente.

La importancia de la satisfacción del cliente nos orienta a dar tratamiento a la oferta como aquella cantidad de productos que una empresa está dispuesta a fabricar y esta varía de acuerdo al movimiento del precio del producto [13]. Por consiguiente cada producto que se encuentra a la venta, tiene un valor aplicado que genera utilidad para el usuario favoreciendo el esfuerzo efectuado, en el cual intervienen diferentes costos que permiten la estimación del mismo [14].

Para ingresar un producto al mercado es necesario realizar un estudio técnico, el cual esta destinado a proyectar los costos de producción, operación y monto de inversiones con la finalidad de que la proyección inicie su operatividad [15], es decir, representa aquel apartado donde se define puntos claves para la creación del lugar de producción respecto al producto a ofertar, los costos que repercuten y el tamaño de producción que se espera de forma conjunta.

Posteriormente para verificar la rentabilidad de un proyecto de inversión se efectúa un estudio financiero cuya finalidad es determinar el costo del capital mediante la evaluación económica y las diferentes alternativas de inversión y de financiamiento de tal forma que sea posible la determinación del costo de capital [16], así pues, es aquel que permite al investigador verificar si un proyecto de inversión resulta rentable o no.



La ejecución de este tipo de proyectos es sumamente significativa para el sector productor y laboral del Ecuador, considerando que el chocolate es un producto nativo de exquisito olor y sabor concentrado, el cual se deriva de una "palabra azteca «xocolatl», cuyo significado es «agua espumosa», denominación utilizada por los Olmecas (1500- 400 A.C.), Aztecas (1400 A.C.), y Mayas (600 A. C.), para identificar una bebida amarga, de fuerte sabor, y de gran valor energético" [17]. Se considera que el chocolate es una está compuesto básicamente de cacao, azúcar, manteca de cacao, lecitina y vainilla [18], estos ingredientes varían según la producción, tipo de fabricación y variedad, dando como resultado el chocolate compuesto, el de mesa, de confitería o de cobertura.

La producción de chocolate es una de las actividades que involucran acciones metódicas en su procesamiento, el cual va, desde la recepción de materia prima, proveniente de la mazorca del cacao, el cual se recoge desde las campiñas cacaoteras, se procede a la secada del producto, para continuar con la tostada, descascarillada, molienda, prensado, refinado/conchado, moldeado, temperado, empacado y almacenamiento del producto para su distribución y venta, asegurando a la población un beneficio económico y nutricional característico. En la recepción de materia prima se destaca la importancia de ser una etapa primordial en la elaboración de alimentos, es esta fase es necesario observar características fundamentales como color, olor, textura, temperatura de llegada, empaque y etiquetado del producto [19]. Para brindar un producto de calidad industrial se deben cumplir a cabalidad los procesos, al tostar el grano de cacao se debe garantizar la calidad del producto para facilitar la molienda debido a la reducción de la humedad residual del contenido de acidez del licor de cacao y elevar de esta manera la calidad de la mantequilla de cacao para dar garantías en la producción del chocolate [20].

### III. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene un enfoque mixto, donde se espera ejecutar su desarrollo a través de un análisis global de un estudio de factibilidad, que abarca un estudio de mercado y un estudio técnico-financiero que permita emplear un análisis dinámico como son la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) para lograr una mayor comprensión de la viabilidad del proyecto, mediante el uso del método inductivo, empírico y teórico.

Así mismo, el proyecto se enmarca en un estudio conclusivo descriptivo y no experimental; donde cada una de estas permitirá analizar el nivel de aceptación del producto a ofertar mediante el empleo de encuestas a personas de los cantones Bolívar y Portoviejo de la provincia de Manabí en Ecuador, que facilitará evaluar las características y tamaño del mercado, así como demás variables inmersas y aspectos legales a tener presente.

Las técnicas empleadas para este estudio de factibilidad corresponden a las fichas de encuestas y fichas técnicas de detalle de costos a asumir para el análisis financiero.

La población y la muestra, de acuerdo con la segmentación de mercado seleccionada para el desarrollo de la investigación, corresponde a personas de 15-64 años del cantón Portoviejo y del Cantón Bolívar, según puede observarse en la tabla 1.

**Tabla 1.** Segmento de Mercado.

Lugar	Población total	Hombres	Mujeres	Segmento de entre 15 – 64 años
Portoviejo	328.216	163.877	164.339	211.174
Bolívar	46.152	23.043	23.108	29.694

Para calcular la muestra se utilizó la ecuación (1)

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2} \quad (1)$$

Donde n es el tamaño de la muestra, N corresponde al tamaño de la población, Z es el nivel de confianza, p representa la proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia, q es la proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 - p), y finalmente e representa el nivel de precisión absoluta

Con estas premisas, al resolver la ecuación (1) y considerar los valores como sigue

$$N=211.174 + 29.694 = 240.868$$

$$Z=1,96; p=0,5; q=0,5; e=0,05$$

Se obtuvo una muestra de 384 personas, teniendo en cuenta estos elementos, se tiene que, para el Cantón Portoviejo:

$$\frac{211.174}{240.868} = \frac{X}{384} \quad \rightarrow \quad X_{Portoviejo} = \frac{211.174(384)}{240.868}$$

$$X_{Portoviejo} = 337$$

Para el Cantón Bolívar:

$$\frac{29.694}{240.868} = \frac{X}{384} \quad \rightarrow \quad X_{Bolívar} = \frac{29.694(384)}{240.868}$$

$$X_{Bolívar} = 47$$

## IV. RESULTADOS

### A. Análisis de la encuesta

Se obtuvieron los resultados de la encuesta realizada a personas de 15 a 64 años de los cantones de Portoviejo y Bolívar de la provincia de Manabí en Ecuador.

Cabe destacar que los resultados obtenidos, denotan que un 56% de los encuestados consume chocolate ocasionalmente entre su alimentación, un 9% lo hace cada mes y un 27% una vez a la semana o más, dejando un 1% para quienes no consumen este tipo de producto (nunca). De manera que el chocolate puro o negro presenta una preferencia del 40% frente a otros tipos de chocolates. Así pues, las tiendas y los Super Market son los puntos donde se adquiere el producto con mayor frecuencia con un 49% y 30% de los resultados. La población encuestada en un 46%, considera que conoce los beneficios del chocolate puro, siendo así que el 45% compra el producto por preferencia, el 33% lo hace por el menor contenido de azúcar y un 22% lo hacer por salud, en cuanto al modo de compra un importante 41% lo hace por el tipo de chocolate y el precio que estarían dispuestos a pagar por una barra de 70% de sólidos de 100g. es entre \$2,00 y \$2,50 con un 43% de la población a favor.

### B. Análisis de demanda

A través de los resultados de la encuesta, se identificó la demanda de compra, relacionado a la preferencia del cliente, acorde a su consumo de chocolate. Así pues, de acuerdo con el segmento de mercado del cantón Portoviejo y Bolívar correspondiente a 240.868 habitantes de 15 a 64 años, se proyectó la demanda de chocolate con un 95% de los encuestados que consumen el chocolate en su dieta diaria.

### C. Proyección de la demanda

El consumo per cápita en el Ecuador oscila entre los 300 y 800 g, por lo cual se ha considerado para efectuar la proyección de demanda, en base a las personas de 15 - 64 años del cantón Portoviejo y Bolívar acorde a las proyecciones poblacionales del Instituto nacional de estadística y censos publicado en el 2016. Por ello, considerando que el consumo de chocolate máximo es de 800 g, se obtiene la información mostrada en la tabla 2.

**Tabla 2.** Demanda histórica.

Año	Demanda (kg de chocolate)	Tasa de crecimiento
2014	165.977	1,63
2015	168.728	1,57
2016	171.413	1,49
2017	174.010	1,41
2018	176.506	1,34
2019	178.896	1,26
2020	181.185	1,66
2021	184.237	1,63

Por consiguiente, la proyección de la demanda se efectuará mediante el empleo del método de mínimos cuadrados para el período 2022 – 2032. Para esto se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Y = a + b * X \quad (2)$$

$$a = \frac{\sum \text{Consumo de chocolate}}{X} \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} \quad (4)$$

donde:

**Y** = demanda histórica; **X** = número de años considerados con relación a la demanda.

Se obtiene que:

**a** = 175.118,95; **b** = 1.280,07;  $\sum$ Consumo de chocolate = 1.400.952 Kg

Así pues, empleando las fórmulas respectivas se obtiene una proyección de demanda para el período 2022 –2032, denotando un consumo de chocolate favorable, según la tabla 3.

**Tabla 3.** Proyección de demanda para el periodo 2022-2027.

Año	Demanda (kg de chocolate)
2022	186.640
2023	189.200
2024	191.760
2025	194.320
2026	196.880
2027	199.440
2028	202.000
2029	204.561
2030	207.121
2031	209.681
2032	210.961

#### D. Análisis de oferta

Así pues, acorde a la proyección de demanda, se obtienen los resultados que reflejan que un 37% de los encuestados conoce de marcas que comercializan chocolates de similares características al que se pretende ofertar.

Así pues, se representa el porcentaje del mercado que se encuentra abarcado por otras marcas y de esta forma obtener la oferta para el periodo de 2014 a 2022, como lo muestra la tabla 4.

**Tabla 4.** Oferta del chocolate.

Año	Demanda (Kg de chocolate)	Porcentaje de la competencia	Oferta
2014	165.977	37%	61.411
2015	168.728	37%	62.429
2016	171.413	37%	63.422
2017	174.010	37%	64.384
2018	176.506	37%	65.307
2019	178.896	37%	66.191
2020	181.185	37%	67.038
2021	184.237	37%	68.168
2022	186.640	37%	69.057

## E. Demanda insatisfecha

La tabla 4 refleja una demanda insatisfecha de 117.583 kg de chocolate en el año 2022, por lo que, para el primer año de producción, la presente plantea abarcar solo un 17%, correspondiente a 19.500 kg de chocolate.

**Tabla 5.** Demanda insatisfecha (kg de chocolate).

Año	Demanda (Kg de chocolate)	Oferta (Kg de chocolate)	Demanda insatisfecha (Kg de chocolate)
2022	186.640	69.057	117.583

**CONCLUSIONES**

El estudio realizado permitió conocer la disposición aceptación del cliente por el producto a ofertar, la indagación evidencia que existe el consumo del producto con frecuencia, además de conocer los diferentes marcas que en el mercado se ofertan.

La demanda histórica del consumo de chocolate demuestra un incremento en el consumo hasta el año 2021, esto lleva a exponer mediante el estudio realizado, la proyección de la demanda hasta el año 2032, con un crecimiento considerable, lo que permite inferir en la aceptación por parte de la población el dispendio del producto. Razón por lo que este estudio demuestra a la comunidad científica la viabilidad de la creación de una planta de transformación de chocolate en Ecuador.

Es importante que se realicen este tipo de estudios, para brindar a la colectividad aportes significativos, considerando que Ecuador es un país que cuenta con la materia prima del cacao de primera calidad, y el consumo de chocolate en la población es parte de su alimentación.

El cacao ecuatoriano ha ganado numerosos premios y reconocimientos en competencias internacionales de chocolate. Su calidad y sabor han sido ampliamente elogiados por expertos en el mundo del chocolate. Es importante destacar que, si bien Ecuador es un referente en la producción de cacao de alta calidad en Latinoamérica, otros países de la región, como Perú, Colombia, Venezuela y República Dominicana, también tienen una rica tradición cacaotera y producen cacaos con características únicas y sabores destacados. Finalmente se puede concluir que el cacao de Ecuador se destaca por su calidad, sabor distintivo y el reconocimiento internacional que ha obtenido. Sin embargo, toda la región de Latinoamérica alberga una rica diversidad de cacao y cada país tiene sus propias particularidades que hacen que su cacao sea especial y apreciado en la industria chocolatera.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecemos a las personas de los cantones de Portoviejo y Bolívar, por participar en las encuestas las cuales proporcionaron los datos necesarios para este estudio.

## REFERENCIAS

- [1] C. F. Nacional. (2021, mayo). Ficha sectorial. Cacao y Chocolate. [Online]. Available: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>.
- [2] S.N. d. Información. (2012, diciembre). Memoria técnica del cantón Bolívar. [Online]. Available: <https://docplayer.es/77234182-Memoria-tecnica-canton-bolivar-proyecto-generacion-de-geoinformacion-para-la-gestion-del-territorio-a-nivel-nacional-1-25.html>.
- [3] Líderes (2016, 13 de septiembre). El chocolate nacional con cifras a favor. [Online]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/chocolatenacional-cifras-produccion-consumo.html>
- [4] M. A. Olivo and H. J. Avendaño. "Plan de negocios para la creación de una empresa procesadora y comercializadora de chocolate". Polo del Conocimiento, vol. 4, nº 3, pp. 103-118, marzo 2019.
- [5] D. A. Janeta, "Estudio de factibilidad para la elaboración y comercialización de chocolate con miel de chaguarmishqui", Tesis de titulación de Ingeniero Agroindustrial, Universidad de Chimborazo, Ecuador, 2020.
- [6] P. Miranda and R. B. Fuentes, "Estudio de factibilidad para la creación de una planta Procesadora de manteca de cacao para la incorporación de cacaoteros tierra fértil, de la Colonia 24 de mayo, cantón Buena fe", Tesis de titulación de Ingeniero Gestión Empresarial, Universidad de Quevedo, Ecuador, 2013.
- [7] J. A. Carrión Santos, "Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí", Tesis de ingeniería en agroempresas, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, 2012.
- [8] R. Luna. (1999). Manual para determinar la factibilidad económica de proyectos. Puerto Cabezas, PROARCA/CAPAS, Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Central American Protected Areas System. [Online]. Available: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNACK395.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACK395.pdf)
- [9] R. Delgado Victore, y M. A. Verez García, "El estudio de factibilidad en la gestión de los proyectos de inversiones", Revista Activos, vol. 13 no. 24, pp.177-196, 2015.
- [10] F.J. Fernández. Estudio de Mercado. Edición I. Lulu.com. España. 2017

- [11] I. Thompson. (2009, septiembre) Definición de producto. Marketing-Free. [Online]. Available: <https://www.marketing-free.com/producto/definicion-producto.html#:~:text=Es%20el%20resultado%20de%20un,que%20son%20suceptibles%20de%20intercambio.>
- [12] A. M. Coca Carasila, "La demanda. Una perspectiva de marketing: reflexiones conceptuales y aplicaciones", Revista perspectivas, vol.28, pp.171-191. 2011.
- [13] L.E. Fisher, y J. Espejo Callado. Mercadotecnia, 4ta, edición. McGraw-Hill, México. 2011.
- [14] D. Pérez, y I. Pérez. El precio. Tipos y estrategias de fijación. EOI Marketing, 4, 53. [PDF]. 2006
- [15] S. Fernández Espinoza. Los proyectos de inversión: evaluación financiera. Primera edición. Editorial Tecnológica de CR. Costa Rica. 2010.
- [16] V.M. García Padilla. Análisis financiero, un enfoque integral. Primera edición. México. Grupo editorial Patria. 2015
- [17] A. Valenzuela. "El chocolate, un placer saludable". Revista chilena de nutrición, vol. 34, no. 3, pp.180-190. 2007.
- [18] D. Guerrero, C. Girón, A. Madrid, C. Mogollón, C. Quiroz, y D. Villena Diseño de la línea de producción de chocolate orgánico. Piura: PIRHUA. [PDF]. 2012.
- [19] N. Ramírez Herrera. "Estandarización y control de calidad en procesos de recibo, almacenamiento, distribución y servida de alimentos", Tesis Doctoral, Corp. Universitaria Lasallista, Caldas. Antioquia. 2012.
- [20] V. R. Heredia. "Cambios fisicoquímicos y organolépticos en el tostado del cacao". Revista Ingeniería, vol. 5, no.11, pp. 39-58. 2021.

## LOS AUTORES

**Karla Dolores Huayamave Álvarez**, Ingeniera Industrial. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

**Marlon Javier Mera Párraga**, Ingeniero Industrial. Máster en Administración Ambiental, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Docente de la carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

**Erika Jahaira Góngora Muñoz**, Ingeniera Química, Máster en Química Forense, Universidad de Coimbra, Portugal. Docente Investigadora de la Carrera de Química, Departamento de Química, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

**Juan Antonio Dueñas Utreras**, Ingeniero Industrial, Máster en Saneamiento Ambiental - Universidad de Gante, Bélgica. Máster en Gerencia Educativa - UNESUM, Ecuador. Docente Investigador de la carrera de Ingeniería Industrial, Departamento de Industrial, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.116>

# Obtención de compost para desarrollar aprendizajes significativos en la asignatura de Ciencias Naturales: Una metodología educativa

Jorge Luis Gómez García  
<https://orcid.org/0000-0003-4612-6664>  
jorgel.gomez@educacion.gob.ec  
Estudiante de Posgrado  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador  
Docente Unidad Educativa "Barquero"  
Chone-Ecuador.

Julio Cesar Torres Puentes  
<https://orcid.org/0000-0002-1290-5240>  
julio.torres@utm.edu.ec  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de Química  
Universidad Técnica de Manabí  
Manabí-Ecuador

Yulixis Nohemi Cano de Torres  
<https://orcid.org/0000-0003-4442-9039>  
yulixis.cano@utm.edu.ec  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de química  
Universidad Técnica de Manabí  
Manabí-Ecuador

Recibido (13/11/2022), Aceptado (10/05/2023)

**Resumen:** En este trabajo se presenta una evaluación en la elaboración de compost como una metodología educativa en la enseñanza de la asignatura de ciencias naturales. Se realizó el experimento para dos tipos de compost con el fin de reconocer cuál de ellos ofrece mejor fertilidad al suelo a partir de los distintos materiales utilizados en su elaboración. Se utilizaron dos grupos de estudiantes con el fin de evaluar el desempeño presentado con el método práctico y con el método teórico tradicional. Los principales resultados muestran que la enseñanza a partir de la experimentación ofrece mejores alternativas para reconocer los conceptos y sus aplicaciones, para retener el conocimiento de manera efectiva.

**Palabras clave:** Metodologías educativas, evaluación educativa, enseñanza-aprendizaje.

Obtaining compost to develop significant learning in the subject of natural sciences: an educational methodology

**Abstract.** - This paper presents an evaluation of the elaboration of compost as an educational methodology in teaching the subject of natural sciences. The experiment was carried out for two types of compost to recognize which offers better soil fertility from the different materials used in its elaboration. Two groups of students were used to evaluate the performance presented with the practical and traditional theoretical methods. The main results show that teaching from experimentation offers better alternatives to recognize concepts and their applications, to retain knowledge effectively.

**Keywords:** Educational methodologies, educational evaluation, teaching-learning.





## I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje significativo es un proceso de aprendizaje en el que el alumno no solo memoriza información, sino que también la comprende y la relaciona con su conocimiento previo. Este enfoque se basa en la teoría del aprendizaje de David Ausubel, quien creía que la educación debe ser relevante y significativa para el alumno [1], [2]. En el aprendizaje significativo, el alumno tiene un papel activo en el proceso de aprendizaje, lo que aumenta su motivación y compromiso con la materia. En lugar de simplemente escuchar y tomar notas, el alumno participa activamente en la construcción de su conocimiento a través de la exploración y el descubrimiento. Esto hace que el aprendizaje sea más interesante y atractivo para el alumno [3].

Para que el aprendizaje sea significativo, es importante que el contenido se presente de manera clara y organizada. Los conceptos deben ser explicados de manera sencilla y fácil de entender, y los ejemplos y las ilustraciones pueden ayudar a hacer que el material sea más accesible [4]. Además, el aprendizaje significativo también implica la conexión entre los nuevos conocimientos y los conocimientos previos del alumno. Esto se logra a través de la reflexión, la discusión y la aplicación práctica de los conceptos. De esta manera resulta necesario que el estudiante tenga una participación dentro de la concepción de la clase, de manera que se involucre con los elementos que se van formando en la asignatura, desde la teoría hasta la práctica [5].

El aprendizaje significativo tiene varias ventajas. En primer lugar, promueve la retención a largo plazo del conocimiento. Cuando el alumno comprende la información y la relaciona con su conocimiento previo, es más probable que la recuerde y la aplique en situaciones futuras [6]. Además, el aprendizaje significativo fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas [7], [8]. Al aprender a relacionar conceptos, los alumnos pueden aplicar estos mismos principios a otras áreas y situaciones, lo que les permite adaptarse mejor a nuevas situaciones y entornos. Otra ventaja del aprendizaje significativo es que promueve la colaboración y el trabajo en equipo. Al fomentar la discusión y el intercambio de ideas, los alumnos pueden aprender de sus compañeros y construir conocimientos juntos. Esto no solo mejora el aprendizaje, sino que también fomenta la comunicación y la colaboración, habilidades esenciales para el mundo laboral [6].

Los escenarios educativos son diferentes en Latinoamérica y también dentro de cada país. Existe una brecha importante entre la educación en sectores urbanos y rurales, a pesar de que se rigen por una misma programación curricular [9]. Igualmente, las estrategias educativas en diferentes estratos deben tener un enfoque más orientado a la realidad de cada uno de los sectores en los que transcurre el proceso de enseñanza-aprendizaje [10]. En este contexto, todos los recursos asociados a actividades agrícolas, empleados como recursos educativos, son herramientas indispensables, ya que permiten el fortalecimiento de un aprendizaje significativo, basado en un pensamiento crítico organizado [10], [11].

En este sentido, en este trabajo se ha diseñado una práctica educativa para promover el aprendizaje significativo en la asignatura de ciencias naturales, con el fin de que sea posible mejorar el desempeño académico de los estudiantes y motivarles a continuar en su proceso de formación. Para ello se consideró una práctica de elaboración de compost, que además de ser una actividad para la enseñanza de ciencias naturales, resulta de gran relevancia para la valoración del ambiente, el reciclaje, el trabajo en equipo y la integración con el entorno [12].

## II. DESECHOS BIODEGRADABLES Y SU USO EN LA SOCIEDAD ACTUAL

### A. Políticas públicas para la gestión de desechos biodegradables

Las políticas públicas para la gestión de desechos biodegradables son esenciales para reducir el impacto ambiental negativo y mejorar la sostenibilidad de las comunidades [11]. Estas políticas se centran en la promoción de prácticas de gestión de residuos sostenibles y en la reducción del volumen de residuos que se envían a los vertederos. Algunas de estas políticas son:

**Fomentar la separación de residuos:** Las políticas públicas pueden fomentar la separación de residuos biodegradables en origen, para que los ciudadanos separen en casa los residuos que pueden ser reciclados o compostados. Esto ayuda a reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos y aumentar el volumen de residuos reciclados y compostados.

**Establecer objetivos de reciclaje y compostaje:** Los gobiernos pueden establecer objetivos específicos de reciclaje y compostaje para incentivar a los ciudadanos y a las empresas a separar y gestionar adecuadamente sus residuos. También pueden establecer incentivos fiscales para las empresas y organizaciones que implementen prácticas sostenibles de gestión de residuos.

**Promover la educación y la conciencia pública:** Las políticas públicas también pueden promover la educación y la conciencia pública sobre la importancia de la gestión de residuos sostenible y fomentar prácticas adecuadas de separación y gestión de residuos. Esto puede incluir campañas de concientización, programas de educación en las escuelas y actividades de sensibilización pública.

**Establecer programas de compostaje comunitario:** Los gobiernos locales pueden establecer programas de compostaje comunitario para fomentar la gestión de residuos biodegradables en la comunidad. Estos programas pueden proporcionar compostadores gratuitos o a bajo costo para los hogares, así como servicios de recolección de residuos biodegradables para su compostaje en un centro comunitario.

**Implantar programas de recolección selectiva de residuos biodegradables:** Los gobiernos pueden establecer programas de recolección selectiva de residuos biodegradables para recoger los residuos orgánicos de los hogares y empresas. Estos residuos se pueden transportar a centros de compostaje o plantas de biogás para su procesamiento.

### B. Elaboración de compost y la fertilización del suelo

El compostaje es un proceso natural que convierte los restos orgánicos en un material rico en nutrientes conocido como compost. Este proceso se puede realizar en cualquier lugar donde se puedan apilar los materiales, como en el jardín o en un recipiente especial llamado compostador. La elaboración del compost comienza con la recolección de los materiales orgánicos. Estos pueden incluir hojas, ramas, pasto, restos de frutas y verduras, cáscaras de huevo, café molido, té, entre otros. Es importante tener en cuenta que no todos los materiales son adecuados para el compostaje. Los materiales que se deben evitar incluyen carne, huesos, productos lácteos, aceites y grasas, ya que pueden atraer animales no deseados y crear olores desagradables.

Una vez que se han recolectado los materiales, se deben mezclar en un recipiente o en un montón en el jardín. Es importante que la mezcla tenga una proporción adecuada de materiales verdes y marrones. Los materiales verdes son ricos en nitrógeno e incluyen pasto fresco, restos de verduras y frutas, té y café molido. Los materiales marrones son ricos en carbono y pueden incluir hojas secas, ramas y papel sin brillo. La mezcla debe mantenerse húmeda, pero no demasiado mojada. Si la mezcla está demasiado seca, el proceso de compostaje se ralentizará, mientras que, si está demasiado húmeda, puede desarrollar malos olores y atraer animales no deseados. Se puede agregar agua a la mezcla según sea necesario para mantenerla húmeda (Fig.1).



**Fig.1.** Proceso de elaboración de composta [12].

Durante el proceso de compostaje, es importante mezclar la pila regularmente para asegurarse de que se descomponga de manera uniforme. Esto también ayuda a agregar oxígeno a la mezcla, lo que acelera el proceso de compostaje. La mezcla debe tener una temperatura constante de entre 55 y 70 grados Celsius, lo que indica que los microorganismos están descomponiendo los materiales. Una vez que la mezcla se ha descompuesto y se ha convertido en compost, se puede utilizar en el jardín [12]. El compost es rico en nutrientes y puede ayudar a mejorar la calidad del suelo, lo que a su vez puede mejorar el crecimiento de las plantas y reducir la necesidad de fertilizantes químicos.

### C. Tipos de materiales para la elaboración del compost

Existen diferentes tipos de materiales para elaborar una composta verdaderamente buena [6], para ello se deben considerar algunas clasificaciones como:

- Marrones: mezcla de hojas secas, ramas, aserrín o pedazos de madera.
- Verdes: restos orgánicos, hierba, residuos vegetales.
- Tierra: le dará cuerpo a la mezcla de los insumos anteriores.
- Agua: el agua debe ir controlada, no se puede exceder ni puede faltar.

Tomando en cuenta estas premisas, los tipos de materiales a utilizar pueden ser los siguientes:

#### Materiales de rápida descomposición

- Hojas frescas.
- Restos de césped.
- Estiércol de animales de corral.
- Malezas jóvenes.

#### Materiales de lenta descomposición

- Trozos de fruta o verduras.
- Bolsas de infusiones o de café.
- Paja y heno viejo.
- Restos de plantas.
- Estiércoles de caballo, burro o vaca.
- Flores viejas.
- Plantas de macetas.
- Setos jóvenes.
- Malezas.
- Lechos de hámster, conejo y otros animales domésticos (herbívoros).

#### Materiales de descomposición muy lenta

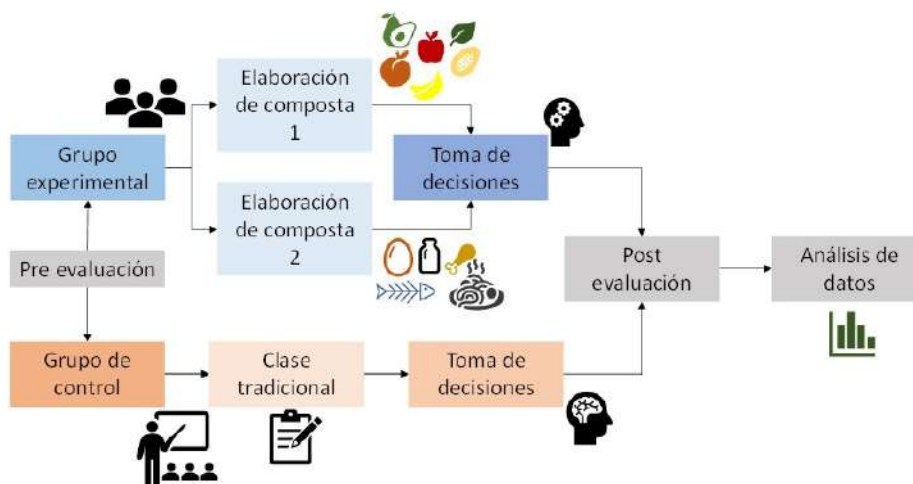
- Hojas de otoño.
- Desbroces de setos duros.
- Ramas podadas.
- Aserrín y virutas de madera no tratada.
- Cáscaras de huevo o cáscaras de frutos secos.
- Lana e hilos naturales.
- Pelos y plumas.
- Huesos de frutos (melocotón, aguacate, aceitunas, etc.)

#### Otros materiales

- Ceniza de madera (espolvorear en cantidades pequeñas).
- Cartón, cartón de huevos, servilletas y envases de papel.
- Periódicos (en pequeñas cantidades).

## IV. METODOLOGÍA

El trabajo fue realizado en la unidad educativa Barquero, ubicada en la ciudad de Chone, Manabí, Ecuador. La muestra estuvo compuesta por 24 estudiantes de la asignatura de ciencias naturales. La investigación es cuasi experimental, explicativa y documental. Se emplearon dos tipos de composta, con diferentes materiales, con el fin de evaluar cuál de ellas era la más apropiada para la fertilización del suelo. Los estudiantes debían explorar los dos tipos de mezcla con el propósito de que valoren la importancia de la recolección de materiales biodegradables y puedan contrastar su importancia para el suelo. En la figura 2 se muestran los procesos metodológicos realizados para la elaboración del experimento, considerando dos grupos de trabajo, uno de control (12 estudiantes) y otro experimental (12 estudiantes), así como dos tipos de elaboración de composta, una elaborada con frutos, hojas, ramas, y otra elaborada con residuos de comida, pescado, carnes, leche.



**Fig. 2.** Proceso metodológico empleado en la investigación  
Fuente: Propia

Para el grupo de control se impartió una clase tradicional con exposiciones magistrales por parte del docente, donde se trató el tema del reciclaje y la elaboración de composta de forma teórica. Mientras que para el grupo experimental se hizo una práctica de elaboración de dos tipos de composta, con la finalidad de los jóvenes pudiesen valorar la calidad de la composta y reconocer cuál es la más idónea para la fertilización del suelo.

Además, se realizó una preevaluación del contenido, para medir el nivel de conocimiento que trae el estudiante con relación al tema, y verificar así el efecto de la actividad. Luego de elaborar el experimento se realizó una post evaluación, que permitió conocer el aporte de la experiencia en el aprendizaje significativo. Ambas pruebas, tanto la previa como la posterior, tenían igual contenido entre ellas e igual contenido para ambos grupos.

En este sentido las hipótesis planteadas fueron:

H0: Los experimentos caseros ayudan a mejorar el desempeño académicos de los estudiantes en la asignatura de Ciencias Naturales, alcanzando calificaciones por encima de 9 puntos.

H1: Los experimentos caseros no ayudan a mejorar el desempeño académicos de los estudiantes en la asignatura de Ciencias Naturales, no pudiendo alcanzar calificaciones por encima de 9 puntos.

Se realizó una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 90% (Tabla 1), para verificar si efectivamente la actividad práctica con elaboración de composta promueve el aprendizaje significativo y el trabajo en equipo, en preferencia a las clases tradicionales. Para ello se tomaron en cuenta las calificaciones de ambos grupos.

**Tabla 1.** Parámetros para la prueba de hipótesis

<b>Nivel de confianza</b>	<b>90%</b>
<b>Z</b>	<b>1.65</b>
<b><math>\mu</math></b>	<b>9</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>1.1</b>
<b>n</b>	<b>24</b>
<b><math>\sigma</math> tipificada</b>	<b>0.23</b>
<b>Z tipificado</b>	<b>-0.22</b>

Fuente: Propia.

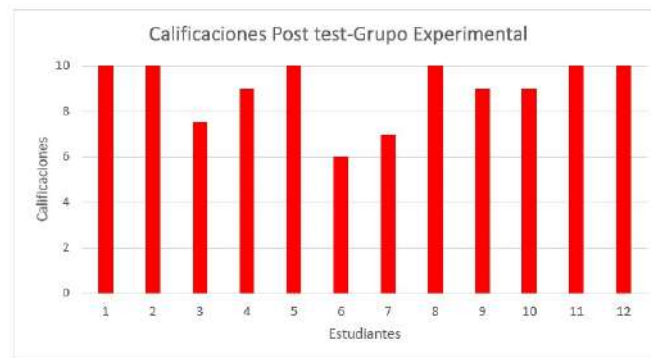
#### IV. RESULTADOS

Una vez realizada la investigación y habiendo cumplido con los procesos del experimento, es posible destacar los siguientes resultados:

- La asignatura de ciencias naturales incluye el conocimiento del ambiente y de conservación de las especies, así como la valoración de la vida y los seres vivos. A pesar de que tiene un importante contenido teórico, también incluye elementos que son más fáciles de explicar de forma práctica. Que muchas veces requieren espacios de laboratorios complejos o escenarios dispuestos para este fin.
- A pesar de que no es posible disponer de espacios especializados para la enseñanza de la asignatura de ciencias naturales, es posible valorar otros estilos de prácticas que incluyan la aplicación de los conceptos en espacios reales de contacto con el ambiente.
- El uso del experimento casero de elaboración de composta permitió a los estudiantes conocer la importancia del reciclaje, así como los materiales necesario para la elaboración de composta y el reconocimiento de materiales adecuados para ello.
- Los estudiantes pudieron valorar ambas compostas, la elaborada con hojas, ramas y cáscaras de frutas, y la elaborada con carne y desechos de pescado. Logrando en este aspecto cumplir con características del método científico, como la experimentación, investigación y verificación de resultados.
- Los estudiantes confirmaron que la composta elaborada con residuos de carne y pescado, no era apropiada para la fertilización de los suelos, pues toma un olor desagradable y se pudre. Mientras que la composta elaborada con raíces, hojas, residuos de frutas, era más apropiada, más útil para la fertilización del suelo.
- Los estudiantes pudieron comprender la teoría relacionada al manejo de residuos sólidos. El término "manejo de residuos de sólidos" hace referencia a los materiales fabricados y producidos por la actividad industrial. Gestionar no es desechar ni mucho menos. Los residuos pueden contener entre otras cosas, sustancias altamente contaminantes con lo que hay que tener mucho cuidado cuando se traten los desechos.

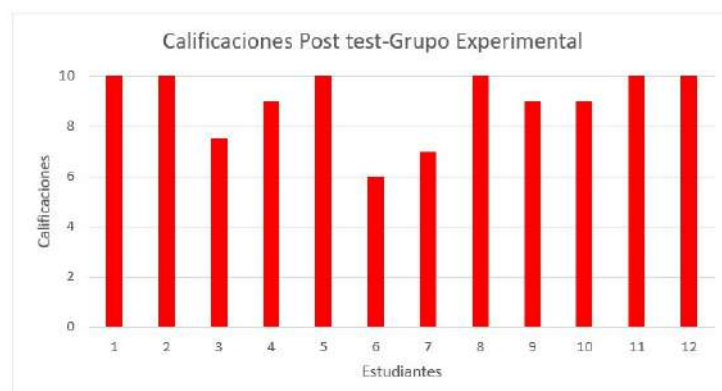
Los estudiantes comprendieron la importancia del reciclaje, la reutilización de materiales y el aprovechamiento de recursos naturales.

Los estudiantes del grupo experimental recibieron una explicación detallada del proceso de elaboración de abono orgánico, además tuvieron un pre-test antes de la elaboración de la actividad, donde se obtuvieron los datos descritos en la fig. 3.



**Fig. 3.** Calificaciones obtenidas en la post evaluación del grupo experimental, promedio de notas 8,95 puntos.

Por otra parte, este mismo grupo recibió una evaluación posterior a la actividad, con el fin de conocer si los procesos realizados en la práctica habían motivado el aprendizaje, y si este conocimiento se había retenido en el tiempo. Los resultados mostraron que las calificaciones alcanzaron un valor mucho mayor, mostrando que el aprendizaje fue efectivo (Fig. 4).



**Fig. 4.** Calificaciones obtenidas en la pre-evaluación del grupo experimental, promedio de notas 7,89 puntos.

En el grupo de control se impartieron clases tradicionales, con un alto contenido teórico, donde se explicaron los mismos conceptos que en el grupo experimental. Sin embargo, la metodología consistió en clases magistrales, donde el estudiante debía tomar anotaciones para luego retener la información. En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos en la pre-evaluación realizada. Observando que no son desalentadoras, pero tampoco son muy elevadas.



**Fig. 5.** Calificaciones obtenidas en la preevaluación del grupo de control, promedio de notas 7,58 puntos.

Siguiendo la metodología de trabajo, en este grupo también se aplicó una prueba posterior al experimento, es decir, luego de las explicaciones teóricas magistrales, donde el estudiante debía recordar los conceptos y enseñanzas transmitidas por el docente. En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos, observándose que no hubo malas calificaciones en general, pero que tampoco se alcanzaron grandes resultados.



**Fig. 6.** Calificaciones obtenidas en la post evaluación del grupo de control, promedio de notas 7,91 puntos.

## DISCUSIÓN

Son numerosas las especies que pueden cultivarse para la obtención de compost. Para realizarlo hubo que decidir cuáles son los cultivos que mejor se ajustan a los fines didácticos, recursos disponibles y a la temporalización en el aula. La explicación previa de los conceptos facilitó la comprensión de la actividad, lo que implica que el estudiante puede aprovechar mejor los recursos prácticos cuando estos están acompañados de una adecuada explicación teórica.



Asimismo, con el aprendizaje colaborativo se consigue la resolución de un trabajo gracias a la colaboración de alumnos, cada alumno se vuelve protagonista de su propio proceso de aprendizaje y construye un aprendizaje significativo de manera implícita [11]. Para esto, algunos autores [12] mencionan que, el Aprendizaje Basado en Proyectos establece una estrategia didáctica mediante la cual se plantean problemas del mundo real o la vida cotidiana de los alumnos, que sean significativos y estén contextualizados, proporcionando los recursos, la guía y la instrucción necesarios para que los alumnos elaboren un conocimiento del contenido y adquieran unas destrezas de resolución de problemas.

Resulta de gran importancia que los profesores tengan altos niveles de innovación y creatividad para generar proyectos sencillos que promuevan el aprendizaje a través de actividades colaborativas, grupales y de intervención con el medio ambiente [13]. En el trabajo desarrollado, es importante destacar que las experiencias no implicaron situaciones de riesgo ya que no se trabajó con reactivos peligrosos y tampoco con fuego. Los estudiantes se mostraron entusiasmados en poder realizar ellos mismos una experiencia, aunque fuera sencilla pero agradable y motivadora.

Los espacios de interacción estudiantil suelen ser escenarios de mucha energía y actividad, y esto a su vez genera entusiasmo por el aprendizaje, haciendo que este sea significativo y efectivo. Además, las personas que integran la comunidad se involucran en la supervisión de los proyectos, logrando así una mejor simpatía con el proceso de aprendizaje. Todo esto conduce a una actividad colectiva, que impulsa el aprendizaje de los jóvenes estudiantes y que a su vez destaca la labor docente e institucional.

## CONCLUSIONES

Uno de los aspectos más importantes y que representa un indicador relevante dentro de la calidad educativa, es el desarrollo de habilidades que permitan identificar la capacidad del estudiante para relacionar todos sus saberes de una forma interdisciplinar. El desarrollo de este tipo de habilidades y conocimientos es significativo y funcional y hace especial énfasis en la capacidad creadora para abordar una situación o problema desde diferentes tipos de vista.

Con el desarrollo de la actividad descrita en este documento como estrategia pedagógica, se hizo un análisis de los aportes en la consecución del aprendizaje significativo. La elaboración de abonos orgánicos es una tarea integrada propicia para el contexto institucional ya que es una actividad que permite ser desarrollada tanto de forma conceptual como también, ser llevada a la práctica; permitió en un inicio, mediante una entrevista de carácter exploratorio dirigida a un grupo focal, evidenciar el grado conceptual y teórico que posee el estudiante sobre las áreas y temáticas involucradas para su desarrollo. La tarea integrada implica el trabajo en grupo, donde cada integrante aporta su conocimiento teórico práctico para llegar al objetivo final que, en esta actividad, fue la elaboración de abono orgánico; dentro de este propósito, como parte concluyente de una actividad del estudiante, está implícito el integrar los conocimientos de biología.

El grupo de control, que recibió las clases magistrales, alcanzó importantes resultados, lo que significa que las clases magistrales no son del todo incorrectas, sino que pueden ser mejores cuando se incluyen elementos prácticos y de contacto con el ambiente. Por su parte, el grupo experimental no puede ser efectivo sin la debida explicación de los conceptos y procesos.

La elaboración de dos tipos de abono fue fundamental para lograr una mejor enseñanza de los conceptos, pues permitió a los estudiantes reconocer la importancia de los elementos del abono, así como la relevancia de un experimento de carácter científico.

## REFERENCIAS

- [1] F. Bell, N. Ofer y M. Alistar, «ReClaym our Compost: Biodegradable Clay for Intimate Making,» CHI'22, Vols. %1 de %2Abril-Mayo, pp. 1-15, 2022.
- [2] Ministerio de Educación del Ecuador, 2020. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/>.
- [3] T. Busquets, M. Silva y P. Larrosa, «Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos,» Estudios pedagógicos (Valdivia), vol. 42 (Especial), nº 117-135, 2016.
- [4] V. Cabrera, S. Carrillo y M. González, «Manejo y disposición de residuos sólidos en la comunidad de Portobelo, Colón,» Revista Científica Orbis Cognita, vol. 4, nº 2, pp. 1-23, 2020.
- [5] H. G. Cachay Prado y R. Rojas-Parco, «Estrategias metodológicas para la Educación Ambiental de los estudiantes,» REV. Epistemia, vol. 5, nº 1, 2021.
- [6] A. Carranza, «Conoce cómo hacer una composta casera y ¡dale un buen uso a tus residuos orgánicos!,» 19 enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.crehana.com/>. [Último acceso: 17 febrero 2023].
- [7] K. Córdoba, M. Quiroz y R. Lazo, «El conocimiento ancestral arhuaco como estrategia tecnopedagógica para el desarrollo de conciencia ambiental en los estudiantes del grado cuarto del Colegio La Sagrada Familia,» Revista UNIMAR, vol. 41, nº 1, 2023.
- [8] G. Guerrero, Estudio sobre la implementación del Currículo Nacional de la Educación Básica en instituciones educativas públicas focalizadas, Lima, Perú: Impresiones y Ediciones Arteta E. I. R. L., 2018.
- [9] P. Quispe Aquino, «El biohuerto escolar, un espacio de aprendizaje en la Institución Educativa Pública N° 30303 de Racracalla (Trabajo académico para optar el título profesional de Segunda Especialidad en Gestión Escolar con Liderazgo Pedagógico,» Universidad San Ignacio de Loyola, Lima-Perú, 2018.
- [10] S. Valera, «Medio ambiente y representación social: una visita a la ciudad como representación social,» Psicología y medio ambiente: aspectos psicosociales, educativos y metodológicos, pp. 133-147, 2002.
- [11] C. Vlachokostas, C. Achillas, V. Diamantis, A. Michailidou, K. Baginetas y D. Aidonis, «Supporting decision making to achieve circularity via a biodegradable waste-to-bioenergy and compost facility,» Journal of Environmental Management, vol. 285, nº 1, p. 112215, 2021.
- [12] amigos, «Cómo hacer composta,» 2020. [En línea]. Available: <https://amigoslarevista.com/>. [Último acceso: 17 febrero 2023].

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.117>

# Estrategia interactiva para fortalecer el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Física atómica y nuclear

Betty Johanna Pinargote Bravo  
<https://orcid.org/0009-0007-8413-2287>  
betty.pinargote@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo, Ecuador

María Jacqueline Pita Asan  
<https://orcid.org/0000-0003-2095-6096>  
maria.pita@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo, Ecuador

Recibido (13/11/2022), Aceptado (10/05/2023)

**Resumen:** La asignatura de física suele ser una de las más complejas para los estudiantes de bachillerato, principalmente por la necesidad de abstracción para la comprensión y la alta necesidad de cálculo. Con estas premisas, en este trabajo se evaluó el uso de una estrategia creativa e interactiva para mejorar el aprendizaje de la física. Bajo un estudio cuasi experimental se realizó la metodología de trabajo, tomando un grupo de control y otro experimental. Los principales resultados mostraron que los estudiantes se motivan de manera significativa con herramientas TIC, lo cual favorece el estudio y comprensión de los conceptos de física, aportando en las mejoras del desempeño académico.

**Palabras clave:** Física, enseñanza y aprendizaje, herramientas digitales, nuevas tecnologías.

Interactive strategy to strengthen the teaching-learning process of  
the subject of Atomic and Nuclear Physics

**Abstract.** - The subject of physics is usually one of the most complex for high school students, mainly because of the need for abstraction for understanding and the high need for calculation. With these premises, this work evaluated the use of a creative and interactive strategy to improve the physics learning process. Under a quasi-experimental study, the working methodology was carried out, taking a control group and an experimental group. The main results showed that students are significantly motivated by ICT tools, which favor the study and understanding of physics concepts, contributing to improvements in academic performance.

**Keywords:** Physics, teaching and learning, digital tools, new technologies.



## I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física en la universidad es un tema de gran importancia, ya que esta disciplina científica es fundamental para entender el mundo que nos rodea y desarrollar habilidades y competencias clave para el futuro de los estudiantes. Sin embargo, a menudo se enfrenta a diversos desafíos, como la falta de motivación de los alumnos, la complejidad de los conceptos y la brecha entre la teoría y la práctica. Por esta razón, es importante analizar las estrategias y metodologías más efectivas para enseñar física en bachillerato y así mejorar la calidad de la educación en esta área.

La educación sufre constantes desafíos motivados por los cambios sociales, la acelerada participación de la tecnología en los ambientes educativos, familiares y generales, que promueven la integración de nuevas metodologías educativas que vayan en sintonía con el creciente auge tecnológico. En este sentido, la promoción de estrategias educativas que sean de interés para los estudiantes es un reto en la enseñanza de materias en la universidad. En principio porque los jóvenes son cada vez más exigentes para motivarse, no parece ser sencillo capturar su atención y motivarles al aprendizaje. Tal vez porque sus entornos sociales están colmados de herramientas interactivas que resultan ser más llamativas y atractivas.

La formación universitaria debe necesariamente que transformar sus procesos educativos a escenarios interesantes para una sociedad joven que busca una relación estrecha con nuevas tecnologías y que exige más dinamismo en los procesos de aprendizaje. Para ello, los países como Finlandia, Corea de Sur, entre otros, han incorporado en sus métodos de enseñanza la tecnología apropiada según el nivel de estudio, con el fin de motivar y recrear aspectos teóricos en prácticos que sean de gran interés para los estudiantes [1].

En los últimos años, el uso de la tecnología en la educación se ha convertido en una tendencia cada vez más relevante [2]. La incorporación de herramientas digitales y el uso de dispositivos móviles han permitido la creación de nuevas metodologías educativas que facilitan el aprendizaje de los estudiantes. En el caso de la enseñanza de la física universitaria, la tecnología ofrece múltiples posibilidades, como la utilización de simulaciones, videos y animaciones que permiten una mejor comprensión de los conceptos más abstractos y complejos. Además, también se pueden utilizar plataformas educativas en línea que permiten la interacción entre profesores y alumnos, así como el acceso a material didáctico actualizado y diverso [3].

En este trabajo se examinarán algunas de las principales tendencias y enfoques actuales en la enseñanza de la física en este nivel educativo, así como sus ventajas y desventajas, con el fin de proporcionar una visión general sobre esta materia y sus posibles soluciones. Además, se plantea el diseño de una herramienta interactiva que promueve el aprendizaje de la física en estudiantes universitarios. Para ello se ha trabajado en la Universidad Layca Eloy Alfaro de Manabí en Ecuador, en la ciudad de Chone. Donde existe alta prevalencia de problemas asociados al aprendizaje de la física, en principio por las carencias de espacios de laboratorio didáctico, y en segundo lugar porque se trata de una asignatura abstracta que debe relacionar los aspectos de la vida diaria y común con argumentos de cálculo, lo cual no es sencillo de comprender para muchos estudiantes.

## II. DESARROLLO

La educación universitaria es una etapa fundamental en la formación de los estudiantes, ya que les proporciona las habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos del mundo laboral y social. Sin embargo, en la actualidad, la educación universitaria se enfrenta a diversos desafíos que dificultan su efectividad y pertinencia [3], [4]. En este sentido, es importante analizar cuáles son estos desafíos y cómo se pueden abordar para mejorar la calidad de la educación universitaria. Uno de los principales retos que enfrenta la educación universitaria es la brecha entre la teoría y la práctica. Muchas veces, los estudiantes se enfrentan a una educación basada en teorías y conceptos abstractos que no les permiten aplicar lo que están aprendiendo en situaciones reales. En este sentido, es importante que la educación universitaria incorpore metodologías y estrategias que permitan una mayor interacción con el mundo laboral y social, a través de prácticas profesionales, proyectos de investigación aplicada y colaboraciones con empresas e instituciones [5].

Asimismo, la educación universitaria se enfrenta a desafíos relacionados con la innovación y la tecnología. En un mundo cada vez más cambiante y digital, la educación universitaria debe adaptarse a las nuevas demandas del mercado laboral y las nuevas formas de comunicación y trabajo [6]. En este sentido, es importante que la educación universitaria se abra a nuevas metodologías y estrategias de enseñanza basadas en la tecnología, como el uso de plataformas educativas en línea, la gamificación y la inteligencia artificial. Por lo tanto, en el proceso de enseñanza y aprendizaje actual, existe la necesidad de motivar la práctica experimental en el aula para que los estudiantes puedan estimularse en el proceso de aprendizaje de los fenómenos físicos y comprender lo que sucede a su alrededor. Hoy en día, el desarrollo de las habilidades de indagación científica se ha vuelto de primordial importancia en la educación, donde las actividades docentes juegan un papel fundamental en la educación integral de los estudiantes [7].

En el caso específico del Ecuador, las instituciones demuestran que las actividades de aprendizaje en diferentes materias son aisladas y poco contextualizadas con las prácticas docentes. Ante la ausencia de políticas públicas e informática en el actual modelo educativo del país, el proceso de capacitación que se está llevando a cabo en la ciudad de Manabí debe seguir los lineamientos y detalles que emita el Ministerio de Educación en esta materia. En este sentido, la universidad ecuatoriana busca incorporar herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que promuevan nuevas prácticas y estrategias educativas actuales, y que se integren a las realidades sociales que viven los estudiantes [8].

### A. Metodologías educativas para la enseñanza de la física

Históricamente la enseñanza de la física no es sencilla, y debe ir acompañada de prácticas de laboratorio para su comprensión y análisis [9]. Es inevitable en la enseñanza de la física incluir explicaciones teóricas complejas, pero si éstas se integran a prácticas de laboratorios o metodologías didácticas variadas, es posible alcanzar excelentes resultados [7]. En este sentido, las principales metodologías educativas para la enseñanza de la física universitaria comprenden las siguientes:

Clases magistrales: Este enfoque se basa en la exposición teórica del profesor y la toma de apuntes por parte de los estudiantes. Las clases magistrales fueron una metodología muy utilizada en la enseñanza de la física en décadas pasadas. Sin embargo, hoy en día se considera que este enfoque no es el más efectivo, ya que los estudiantes pueden perder el interés y la motivación en la materia. Sin embargo, muchas veces resulta necesario la incorporación de esta metodología para la impartición de elementos teóricos concisos y precisos antes de la aplicación práctica.

Resolución de problemas: Este enfoque se centra en la resolución de problemas y ejercicios prácticos, a través de los cuales los estudiantes aprenden los conceptos teóricos de la física. Esta metodología es muy efectiva para fomentar el razonamiento lógico y la creatividad en los estudiantes.

Enfoque experimental: Esta metodología se basa en la realización de experimentos y prácticas en el laboratorio. A través de la experimentación, los estudiantes pueden comprender mejor los conceptos teóricos de la física y desarrollar habilidades prácticas y técnicas. Además de habilidades para el trabajo en equipo y colaborativo, el liderazgo y la toma de decisiones.

Aprendizaje basado en proyectos: En este enfoque, los estudiantes trabajan en proyectos de investigación y diseño relacionados con la física. A través de este enfoque, los estudiantes pueden desarrollar habilidades de investigación, creatividad y trabajo en equipo.

Metodologías basadas en la tecnología: En la actualidad, existen muchas herramientas tecnológicas que se pueden utilizar en la enseñanza de la física, como simulaciones, videos, juegos y plataformas educativas en línea. Estas herramientas pueden ser muy efectivas para captar la atención y el interés de los estudiantes, y para facilitar la comprensión de conceptos complejos y abstractos.

#### B. Nuevas tecnologías en la enseñanza de física universitaria

En la actualidad, existen diversas tecnologías que pueden ser utilizadas en la enseñanza de la física universitaria. Algunas de estas tecnologías son:

Simulaciones: Las simulaciones permiten a los estudiantes experimentar situaciones de la vida real y observar cómo los fenómenos físicos se manifiestan en diferentes circunstancias [6], [10]. Por ejemplo, pueden simular la caída libre de un objeto, la propagación de una onda o el comportamiento de una partícula en un campo magnético. Las simulaciones son una herramienta muy efectiva para que los estudiantes comprendan conceptos complejos y abstractos de manera visual y práctica.

Realidad virtual: La realidad virtual permite a los estudiantes sumergirse en un ambiente virtual y realizar experimentos en un entorno seguro y controlado [11]. Por ejemplo, pueden realizar experimentos en un laboratorio virtual o simular el comportamiento de un sistema físico complejo en un entorno virtual. La realidad virtual es una tecnología muy efectiva para fomentar la creatividad y la exploración en los estudiantes.

**Laboratorios remotos:** Los laboratorios remotos permiten a los estudiantes realizar experimentos en línea y en tiempo real, utilizando equipos y herramientas ubicados en lugares remotos [12], [13]. De esta manera, los estudiantes pueden acceder a equipos de alta tecnología y realizar experimentos avanzados desde cualquier lugar y en cualquier momento. Los laboratorios remotos son una tecnología muy útil para que los estudiantes puedan experimentar situaciones reales sin tener que estar físicamente presentes en un laboratorio.

**Plataformas educativas en línea:** Las plataformas educativas en línea permiten a los estudiantes acceder a recursos educativos de alta calidad, como videos, tutoriales, ejercicios y pruebas en línea. Estas plataformas son muy útiles para que los estudiantes puedan acceder a la información y recursos necesarios para comprender y practicar los conceptos de la física de manera autónoma.

**Aplicaciones móviles:** Las aplicaciones móviles ofrecen a los estudiantes la oportunidad de experimentar situaciones de la vida real y realizar cálculos y experimentos en su teléfono móvil. Por ejemplo, pueden utilizar una aplicación para calcular la velocidad, la aceleración o la energía de un objeto. Las aplicaciones móviles son una herramienta muy práctica para que los estudiantes puedan aprender y practicar la física en cualquier momento y lugar.

### C. Simulador

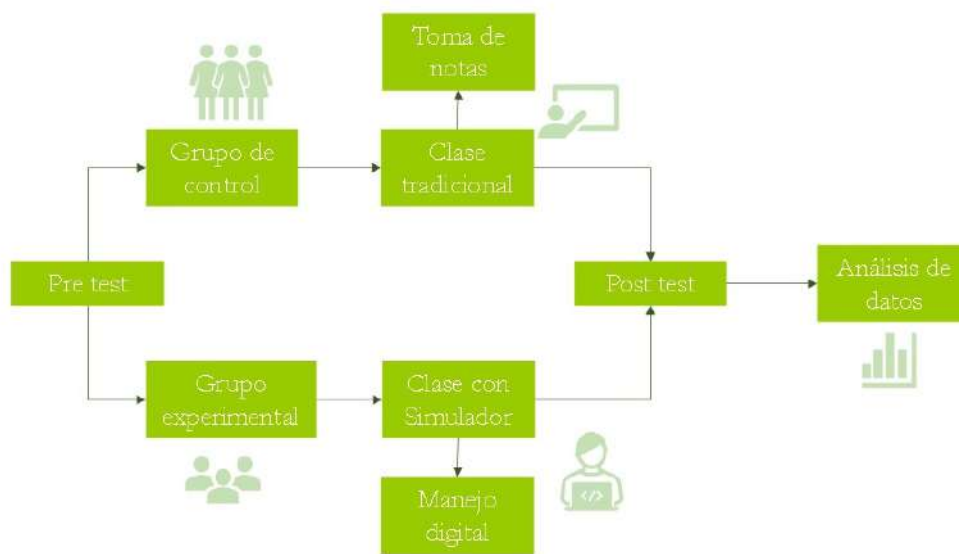
Para conocer cómo suceden las interacciones atómicas de una manera amena e interactiva se ha propuesto utilizar los simuladores PHET (Physics Education Technology) de la Universidad de Colorado Boulder. Estos simuladores están diseñados con el propósito de visualizar las interacciones atómicas como también poder interactuar con ellas, permitiéndoles a los estudiantes la selección de parámetros y poder observar al momento los efectos que se producen debido a los cambios introducidos en el sistema. Para acceder a estos simuladores, se utiliza el enlace <https://phet.colorado.edu/es/simulations/atomic-interactions>. Este método interactivo tiene la ventaja de permitirnos una versión de los simuladores en español. El resultado se visualiza en las Fig. 1 donde se observan todas las opciones de simulaciones disponibles en el área de física.



**Fig. 1.** Simulador de física con varias opciones, entre ellas la relacionada al átomo.  
Fuente: [14].

### III. METODOLOGÍA

En este trabajo se han dispuesto dos grupos de trabajo, uno de control con 24 estudiantes y otro experimental con 24 estudiantes también (fig.2). En el grupo de control se impartieron clases de física atómica nuclear de forma tradicional, esto quiere decir que el docente realizó la explicación de los contenidos con clases magistrales, mientras el estudiante debía tomar notas y apuntar. A este grupo se realizó una pre evaluación para conocer el estado inicial de los estudiantes, en relación al dominio del tema del núcleo atómico. Por otro lado, al grupo experimental se le aplicó un simulador de la Universidad de Colorado en Estados Unidos, que consiste en una herramienta interactiva donde el estudiante puede visualizar la interacción entre átomos. A este grupo también se le aplicó la misma prueba inicial exploratoria, para conocer las condiciones iniciales de los estudiantes.



**Fig. 2.** Elementos metodológicos empleados.  
Fuente: Propia.

Tomando en cuenta estos elementos, se dispusieron dos hipótesis fundamentales, para dirigir el proceso de investigación y poder reconocer la importancia de la inclusión de herramientas digitales en la formación en física.

En este sentido, las hipótesis fueron:

H0: Las herramientas digitales ayudan a mejorar el desempeño académico de los estudiantes de física, obteniendo calificaciones por encima de 9 puntos.

H1: Las herramientas digitales no ayudan a mejorar el desempeño académico de los estudiantes de física, no logrando obtener calificaciones por encima de 9 puntos.



## A. Prueba de hipótesis

Se realizó la prueba de hipótesis considerando un nivel de confianza de 90%, con un nivel de significancia de 0.1, obteniendo los parámetros de la tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros de la prueba de hipótesis.

Parámetros	Valor
miu	9
media	8.84
Desv. Estandar	0.84132132
n	24
Desv. Est. Tipificada	0.17173399
Z tipificada	-0.93167343

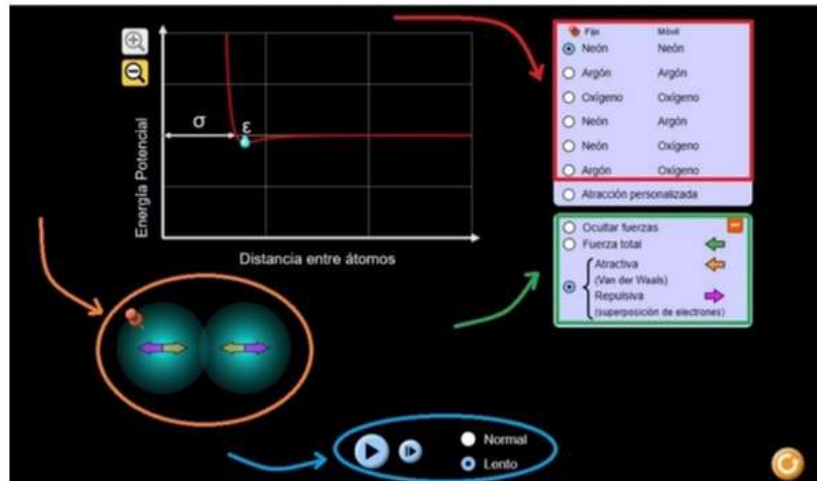
Fuente: Propia.

Puede observarse que la z tipificada cae dentro del intervalo,  $[-1.64485363, +1.64485363]$  lo que confirma que se ACEPTA la hipótesis nula. De esta manera se confirma que las herramientas digitales son positivas para la enseñanza de la física y permiten que los estudiantes alcancen buenas calificaciones.

Además, se evaluó en los estudiantes la percepción que tienen en relación con el estilo metodológico empleado en las clases de física, para esto se consideraron 4 estilos fundamentales: clases tradicionales que aportan en gran medida con explicaciones teóricas, clases con simulador que enriquecen de forma clara los aspectos gráficos y uso de herramientas digitales, las clases con laboratorios que favorecen el manejo de equipos, la organización, trabajo colaborativo. Para esto se realizó una encuesta de solo cuatro preguntas, con el fin de conocer cuál de las estrategias metodológicas era la más idónea para ellos, con esto se desea saber cuán cómodos se sienten con las diferentes formas en que se puede impartir la materia de física. En este sentido, se concretó un cuestionario donde solo debían marcar una de las opciones, aquella que les resultara más cómoda para la comprensión de los conceptos y la retención de la información, de manera que ayude al aprendizaje significativo.

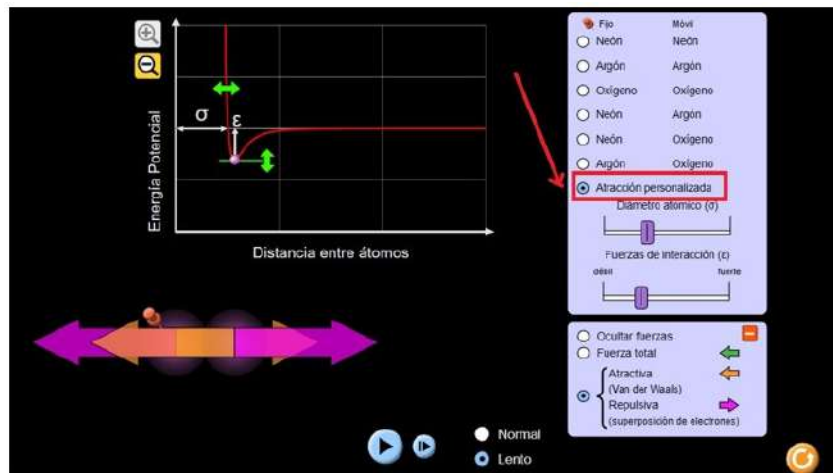
## B. Simulador PHET

El propósito de esta simulación es comprender cómo se atraen o repelen los átomos según la naturaleza de estos. La introducción de parámetros de realiza en la misma página de la simulación. Dichos parámetros pueden variar de dos formas; la primera, seleccionando los átomos predefinidos como se observa en rojo en la Fig.3. En la misma figura se puede observar que hay parámetros de visualización bastante útiles para comprender las fuerzas que actúan sobre los átomos y en cuál dirección se mueven las fuerzas, resaltados en verde y naranja respectivamente. Además, en azul se puede regular la velocidad para ver con más detalle cómo suceden las fuerzas de atracción y repulsión; es decir, su desplazamiento.



**Fig. 3.** Simulador con interacciones atómicas, selección de parámetros.  
 Fuente: [14].

Si al hacer la selección, algo salió mal o hubo algún percance en la observación se puede reiniciar el simulador en el botón naranja con una flecha circular. También se puede personalizar la interacción de dos átomos, como se puede observar en la Fig.4. Allí se puede observar el visionado de dos átomos, con sus barras de ajustes para simular una mayor o menor atracción, y una mayor o menor distancia entre átomos.



**Fig. 4.** Simulación personalizada de interacción entre dos átomos.  
 Fuente: [14].

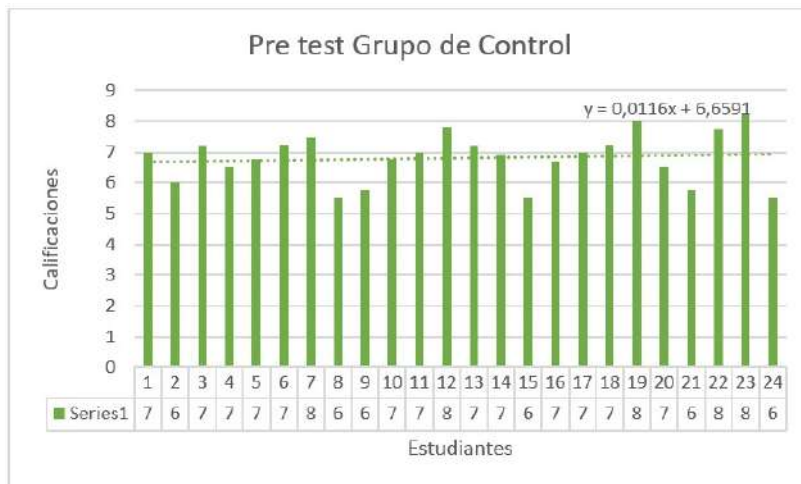
Los simuladores PHET son herramientas educativas interactivas y gratuitas diseñadas para enseñar y explorar conceptos científicos de una manera divertida y efectiva.

**IV. RESULTADOS**

Al haber culminado el experimento, se encontraron los siguientes resultados:

A. Grupo de control

Al realizar las pruebas diagnósticas al grupo de control, previa al experimento se obtuvieron los datos mostrados en la fig. 5, donde se puede observar que existe un conocimiento escaso en la temática en la mayor parte de los estudiantes.



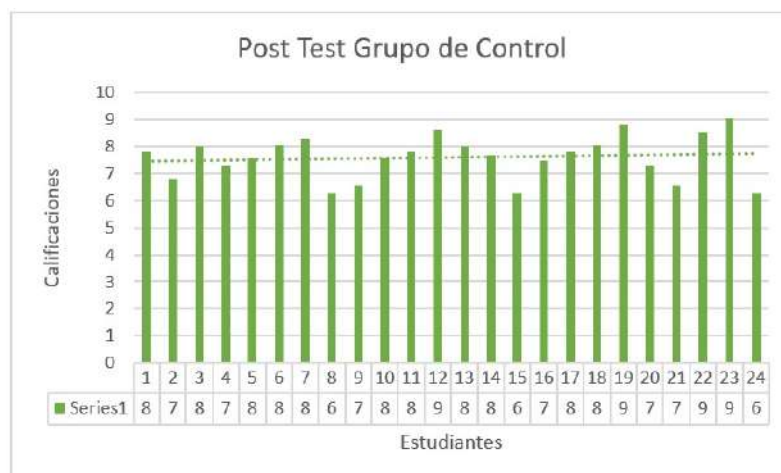
**Fig. 5.** Resultados de la evaluación del pre test realizado al grupo de control.  
Fuente: Propia.

En la fig. 5 se observa que existe una línea de tendencia lineal con un promedio de 6,81 puntos, validado a partir de la ecuación  $y=0.0116x+6.659$  que describe una tendencia lineal cercana a 7 puntos, sin alcanzar valores superiores en su mayoría.

Por otro lado, al considerar la evaluación al final del experimento para el grupo de control, se obtuvieron resultados muy significativos, que se distinguen de las calificaciones iniciales por 0,79 puntos, alcanzando los valores descritos en la figura 4, con un promedio de 7,59.

Los resultados del grupo de control apuntan a que los estudiantes lograron superar las posibles dificultades presentadas al inicio del experimento. Además, estos resultados muestran que las clases magistrales tienen su valor dentro del contexto educativo, sin embargo, pueden ser alternadas con otras estrategias metodológicas para mejorar de forma más significativa el aprendizaje y otros valores dentro del aula de clase.

A pesar de que las calificaciones obtenidas en la evaluación posterior al experimento son mayores que las de la preevaluación, no se alcanzan valores muy diferentes a las iniciales, la diferencia de promedios es tan solo de 0,79, lo que indica que es posible mejorar este resultado.



**Fig. 6.** Resultados obtenidos en la post evaluación del grupo de control.  
Fuente: Propia.

B. Grupo experimental

El grupo experimental estuvo conformado por características similares al grupo de control, y por ende, también se le aplicó una prueba diagnóstica antes de aplicar el experimento. Los resultados se muestran en la fig. 7. Se observa que existe una tendencia cercana a 7 puntos, con ligeras excepciones que superan hasta 8 o 9 puntos, alcanzando una media de 6,72 puntos.

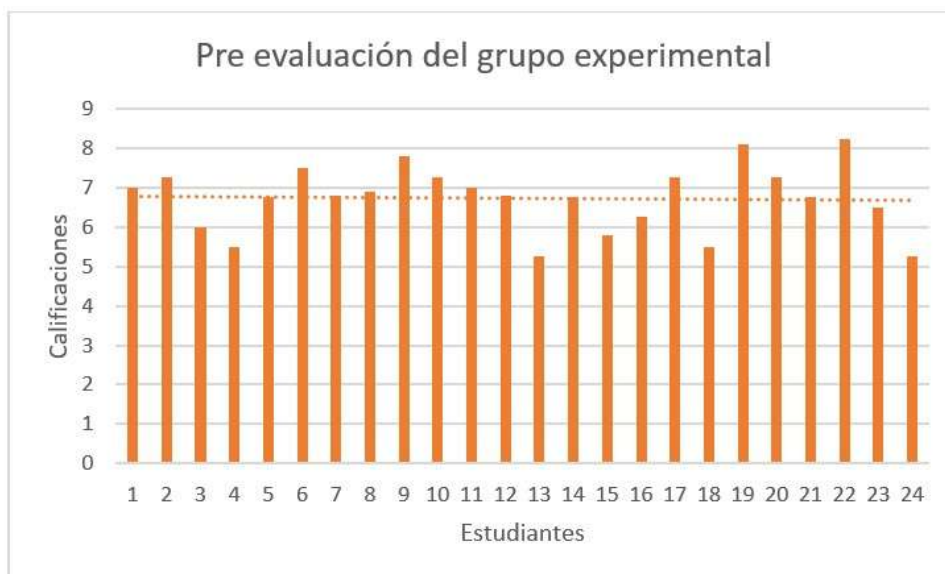


Fig. 7. Resultados del pre test del grupo experimental.  
Fuente: Propia.

Por otro lado, se realizó el experimento considerando que los estudiantes debían interactuar con el simulador, y que debían explorar las herramientas relacionadas al átomo. El simulador les facilita la comprensión gráfica de las ideas, algo que resulta sumamente atractivo y más fácil de asimilar y recordar. De ahí que el simulador sea una buena oportunidad para la enseñanza en esta asignatura. En la figura 8 muestran los resultados de la prueba posterior al experimento.



Fig. 8. Resultados de la evaluación posterior al experimento con el uso del simulador.  
Fuente: Propia.

Al evaluar la percepción de los estudiantes con relación a las diferentes posibles modalidades de clases, se observan los resultados en la fig. 9.



**Fig. 9.** Percepción de los estudiantes según la metodología de clase.  
Fuente: Propia.

### C. Discusión de resultados

Las clases tradicionales impartidas en el grupo de control permitieron alcanzar un nivel medio de calificaciones, lo que puede significar que los estudiantes lograron asimilar ciertos contenidos de forma efectiva, pero no lo suficiente para alcanzar una calificación mayor. Según Sánchez [1] las herramientas tecnológicas deben ser utilizadas oportuna y adecuadamente, con el fin de que sirvan de recurso académico y que aporten en la enseñanza.

Por otro lado, autores como Valdés et al [15] afirman que los simuladores PHET son un recurso valioso para la enseñanza de la física, y que permite la integración de conocimientos con imágenes y con juego, lo que ayuda al estudiante a comprender los conceptos y a visualizar el efecto del tema de estudio en el mundo real. Estos simuladores proporcionan un conjunto de contenido amplio que incluye ciencia, pero además tecnologías apropiadas para lograr la interacción humana con el computador.

Sin embargo, pese a todas las ventajas que proporcionan los simuladores, los laboratorios prácticos para interacción física con el contenido del tema y la interacción con elementos prácticos, son los más aceptados por los estudiantes, en principio porque este tipo de prácticas les permite hacer trabajo colaborativo, con integración de grupos y compañeros para debatir temas y organizar ideas y procesos, mientras que los simuladores solo son individuales, de interacción con las máquinas.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir mencionando que las estrategias empleadas a los estudiantes han favorecido a la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, logrando así el cumplimiento del objetivo de la presente investigación. Cabe mencionar que al diagnosticar la conciencia de los estudiantes de séptimo semestre que pertenecen al grupo de control y al grupo experimental en la carrera de ciencias experimentales de física y matemática, podemos decir que se encuentran en la misma condición porque se establece tanto el grupo experimental como el grupo de control.

Eran 28 estudiantes evaluados en la misma prueba. En general, se pudo determinar el impacto del uso de una guía interactiva. Esto se puede demostrar con los resultados obtenidos por el grupo experimental después de utilizar la guía antes mencionada. Esto se debe a que, al utilizar esta nueva aplicación en su proceso de aprendizaje en el aula, lograron un rendimiento académico diferente al modelo tradicional que tenía el grupo de control.

Luego, se continuó con la aplicación de estrategias interactivas basadas en diversos temas para lograr el objetivo específico de activar el proceso de enseñanza de contenidos en los estudiantes del grupo experimental. Para ello, se ha elaborado el contenido de la lección teniendo en cuenta su propósito general, que se basa en el estudio del comportamiento de la física atómica y nuclear donde la física nuclear se ocupa de diferentes problemas. El primero se ocupa de todas las partes del átomo, el segundo sólo del núcleo. Este último es especial por su complejidad.

En este contexto, la comprensión del docente como facilitador del proceso educativo desarrolla y elabora planes de competencias tendientes a comprender cómo surgen, se experimentan, cuestionan y confrontan los fenómenos físicos. Evolucionados para implementar de forma crítica y creativa, los estudiantes aprendieron a conocer, actuar y convivir mientras procesan la información y construyen su propio conocimiento de la unidad. Es importante destacar que las medidas implementadas fueron recibidas con gran interés por parte de los estudiantes y que se observaron cambios positivos en términos de participación, integración, transferencia de ideas y reflexión grupal.

## REFERENCIAS

- [1] A. Y. Abril Sánchez, «Las TIC como recurso didáctico en el proceso de enseñanza aprendizaje de la escritura en preescolar del Colegio Campestre Divino Amor.,» 2022.
- [2] A. Belduma Ortega y M. Jara Castro, «BP: Una estrategia didáctica para la integración microcurricular de asignaturas y dominios culturales tradicionales entre indígenas de la costa ecuatoriana: El caso de la pesca artesanal,» Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Educación, 2022.
- [3] C. Berrio Tabares, B. Fontalvo Algarín y J. Mercado Navarro, «Desarrollo de la inteligencia emocional mediante el recurso educativo digital "Arte-tic" en los estudiantes de transición de la institución educativa Barrio Olaya Herrera de la ciudad de Medellín,» (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena), 2022.
- [4] COBO, «LA INNOVACION PENDIENTE REFLEXIONES (Y PROVOCACIONES) SOBRE EDUCACION, TECNOLOGIA Y CONOCIMIENTO.,» Sudamericana Uruguay S.A., n° 182. Obtenido de [https://digital.fundacionceibal.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/159/1/La\\_innovacion\\_pendiente](https://digital.fundacionceibal.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/159/1/La_innovacion_pendiente), 2016.
- [5] Cabrera, «Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tics) como herramienta para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en la materia de física para propedéutico de la EPN.,» 2018.
- [6] S. Castillo, «Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática.,» Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa, ., n° 11(2), 171-194, 2008.
- [7] R. Durán, J. Terán y G. Gutierrez, «Implementación de un experimento cualitativo para la enseñanza del efecto fotoeléctrico a estudiantes de educación, mención física y matemática.,» Latin-American Journal of Physics Education, n° 7., 2016.
- [8] S. Guajardo, G. Marco, J. Villasevil, J. Ángel y V. Rivacoba, «Utilización de nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la asignatura.,» 2018.
- [9] G. Isabel y O. Claudia, «Estrategias didácticas basadas en el uso de tic aplicadas en la asignatura de física en educación media,» Escenarios, ., vol. 10, n° 1, pp. 17-28, 2012.

- 
- [10] N. A. Mamani Espejo, «Técnicas Didácticas, Basada en Simulacros de Acción, como estrategia, para optimizar competencias Profesionales en Educación Superior (CASO: CARRERA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN),» (Doctoral dissertation), 2022.
- [11] R. Molina, A. Romero y C. Vásquez, «Estrategias Pedagógicas para la Motivación Lectora a través de un Software de Lectura Interactiva.,» <https://www.redalyc.org/pdf/5610/561058716003.pdf>, 2019.
- [12] J. Rosales, «Estrategias didácticas.,» Universidad Nacional Autónoma de México., nº Recuperado de: [http://dcb.fi-c.unam.mx/Eventos/Foro4/Memorias/Ponencia\\_17.pdf](http://dcb.fi-c.unam.mx/Eventos/Foro4/Memorias/Ponencia_17.pdf), 2007.
- [13] I. L. Santos, «Simulaciones Virtuales: Herramientas para la enseñanza de física,» Liber Factory., 2022.
- [14] PHET, «Simulador de física,» [En línea]. Available: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/atomic-interactions>.
- [15] Y. Ponce Valdés, Y. Martínez Castro, L. Rodríguez Rivero y A. Garriga González, «Uso de las simulaciones interactivas PhET en la disciplina Física para Ingeniería Forestal.,» 2021.
- [16] F. Mejías Rodríguez, «Estrategias de mediación que potencien la habilidad de pensamiento crítico con el abordaje del tema la célula en estudiantes de las Olimpiadas Costarricense de Ciencias Biológicas 2020,» 2022.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.118>

# Uso de la gamificación como estrategia pedagógica para fortalecer la comprensión de problemas de aplicación con números racionales

Ronnie Alexander Alvarado Rodríguez  
<https://orcid.org/0009-0002-3135-5851>  
ralvarado5481@utm.edu.ec  
Instituto de Posgrado  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Manabí-Ecuador

Kelvin Agustín Rosado Cusme  
<https://orcid.org/0000-0003-1511-6682>  
krosado@espam.edu.ec  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí  
Manuel Félix López  
Calceta-Manabí-Ecuador

Recibido (16/12/2022), Aceptado (26/05/2023)

**Resumen:** Gamification is defined as incorporating game elements in non-traditional academic environments to motivate students and improve their engagement and participation in learning processes. This quali-quantitative study aimed to analyze gamification uses as a teaching strategy to improve the understanding of application problems with rational numbers and its influence on motivation during learning. Twenty-eight students participated in this study. The data analysis showed that students who received instruction with gamification obtained a greater understanding of the content and a more remarkable ability to work individually and in teams. In addition, students expressed greater satisfaction and motivation for mathematics through gamification.

**Palabras clave:** Gamificación, educación, enseñanza matemática, aprendizaje.

Use of gamification as a pedagogical strategy to strengthen the understanding of application problems with rational numbers

**Abstract.** - Gamification is defined as incorporating game elements in non-traditional academic environments to motivate students and improve their engagement and participation in learning processes. This quali-quantitative study aimed to analyze gamification uses as a teaching strategy to improve the understanding of application problems with rational numbers and its influence on motivation during learning. Twenty-eight students participated in this study. The data analysis showed that students who received instruction with gamification obtained a greater understanding of the content and a more remarkable ability to work individually and in teams. In addition, students expressed greater satisfaction and motivation for mathematics through gamification.

**Keywords:** Gamification, education, mathematics teaching, learning.





## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la educación ha experimentado una serie de cambios significativos. Con el advenimiento de la tecnología y la globalización, el sistema educativo ha tenido que adaptarse a un mundo cada vez más cambiante y complejo. Anteriormente los principales retos eran que la educación llegase a los lugares de mayor dificultad, para que los jóvenes, niños y adultos pudiesen estudiar, aprender a leer y a escribir. Sin embargo, con la llegada del internet este problema pudo ser atendido de mejor manera, no siendo esta la solución perfecta, pero sí contribuyendo de manera importante para que la educación alcanzara lugares inesperados. La llegada de esta tecnología muy pronto se convirtió en un reto para la enseñanza en el aula, ya que, los nuevos desafíos incluían la incorporación de material y metodologías que no estuvieran disponibles en internet para que los estudiantes se forzaran a trabajar y pensar, y descartaran las opciones de copiar y pegar desde el internet.

Sin embargo, una de las principales tendencias en la educación actual ha sido la incorporación de la tecnología en el aula. Los profesores ahora tienen acceso a una gran cantidad de recursos en línea que pueden utilizar para mejorar la calidad de la enseñanza y hacer que las lecciones sean más interactivas y atractivas para los estudiantes. Las plataformas de aprendizaje en línea también han permitido una mayor flexibilidad en la educación, ya que los estudiantes pueden aprender a su propio ritmo y desde cualquier lugar. Pero sigue siendo un reto para los docentes lograr que el aprendizaje sea efectivo cuando existen tantos recursos en internet que muchas veces impiden que se desarrolle el conocimiento de forma apropiada. Logrando estudiantes con altas destrezas en el uso de tecnologías digitales, pero pocos conocimientos en las ciencias.

También es importante destacar que la educación ha evolucionado hacia un enfoque más centrado en el estudiante, en lugar de en el profesor. Esto significa que los estudiantes tienen más control sobre su propio aprendizaje y se les da la oportunidad de trabajar en proyectos que les interesen y que sean relevantes para su vida diaria. Los profesores actúan más como guías y facilitadores, en lugar de como fuente de conocimiento. De esta manera se ha dado espacio a la creciente importancia del aprendizaje colaborativo y el trabajo en equipo. Los estudiantes ahora tienen más oportunidades para trabajar juntos en proyectos y actividades, lo que les permite desarrollar habilidades sociales y emocionales esenciales, como la comunicación efectiva, la resolución de conflictos y el liderazgo.

Una de las estrategias didácticas que están en auge en la innovación educativa como metodología activa es la Gamificación, una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional, potenciando la motivación de los involucrados al conseguir las metas del juego y concretando el conocimiento científico. La idea de gamificación no es crear un juego, sino valernos de los sistemas de puntuación, recompensa y objetivo que normalmente proponen los mismos.

La gamificación como estrategia demuestra su importancia en distintos aspectos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y del potencial educacional de los juegos, la serie de cambios y desafíos que presenta en la búsqueda de la pasión del estudiante, al profundizar los conocimientos científicos planteados en los planes de estudio y destacando la flexibilidad de los temas a trabajar, provocando un aumento en la motivación, rendimiento y aprendizaje de los estudiantes.

Diferentes autores a nivel mundial hacen hincapié en la gamificación como estrategia y recurso didáctico para la formación del estudiantado, así como, otros autores que explican que la gamificación se está utilizando en entornos educativos para fomentar el aprendizaje en una variedad de materias y tareas del curso, así como para potenciar el trabajo cooperativo y el estudio independiente. Así mismo, algunos investigadores explican que, si las aplicaciones que se utilizan se crean con puntos de referencia cognitivos adecuados, tienen componentes de gamificación y cuentan con un profesor que apoye el proceso, la gamificación puede tener un impacto positivo significativo en el rendimiento académico de los estudiantes.

En este trabajo se ha realizado una metodología de gamificación para impartir el contenido de matemáticas relacionado a números racionales, tomando en cuenta que las estrategias lúdicas son hoy en día una herramienta útil para motivar a los estudiantes al aprendizaje, pero también a inducirlos a la toma de decisiones, trabajo en equipo y liderazgo. Se espera poder reconocer si la gamificación es apropiada para la enseñanza en matemáticas y si efectivamente esta práctica educativa es atractiva para los estudiantes.

## II. LA GAMIFICACIÓN COMO METODOLOGÍA EDUCATIVA

La gamificación es una estrategia educativa que utiliza elementos de juegos y mecánicas de juego en un entorno no lúdico, como un aula o un curso en línea, para motivar y mejorar la participación de los estudiantes. Puede implicar la inclusión de elementos de juegos como puntos, niveles, recompensas y desafíos en el proceso de aprendizaje. Por ejemplo, los estudiantes pueden ganar puntos por completar tareas o participar en actividades en clase, y estos puntos se pueden acumular para desbloquear niveles y obtener recompensas. Los desafíos también pueden utilizarse para motivar a los estudiantes a aprender y mejorar su rendimiento, como la creación de un juego educativo o la resolución de un problema complejo.

Es importante resaltar que la gamificación se basa en la teoría de que los juegos pueden ser altamente motivadores y atractivos para las personas. Al utilizar elementos de juegos en el proceso de aprendizaje, se puede aumentar la motivación de los estudiantes y hacer que el aprendizaje sea más interactivo y atractivo. También puede ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades como la resolución de problemas, la toma de decisiones y la colaboración. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la gamificación no es una solución mágica para todos los problemas educativos y debe ser utilizada con cuidado. La gamificación efectiva requiere una comprensión sólida de las necesidades y motivaciones de los estudiantes, así como la habilidad para crear una experiencia de aprendizaje enriquecedora y desafiante.

Es así como, la enseñanza de matemáticas puede ser un desafío para muchos estudiantes, especialmente cuando se trata de conceptos abstractos. Además, los problemas de aplicación que involucran dichos procesos complejos pueden resultar aún más difíciles para los estudiantes. En este contexto de innovación educativa en la enseñanza de matemáticas, se presentan herramientas, metodologías o estrategias que potencien el proceso de enseñanza aprendizaje de esta asignatura, tal como la gamificación, la cual es una estrategia pedagógica que implica el uso de técnicas lúdicas y elementos divertidos durante todo el proceso de enseñanza [1]. La gamificación consiste en utilizar el juego para motivar a los alumnos y hacerles responsables de su aprendizaje, por ejemplo, otorgándoles puntos, medallas o niveles. El instructor, por su parte, orienta, supervisa, premia y ofrece ayuda cuando es necesario y oportuno para que el alumno adquiera las competencias señaladas en el proceso educativo respetando las normas y trabajando con disciplina positiva [2].

Algunos ejemplos de gamificación en la educación incluyen la creación de juegos educativos, el uso de plataformas en línea que incorporan elementos de juego a los materiales educativos y la celebración de competencias o retos en el aula. Es crucial diseñar las mecánicas de juego para la gamificación de manera que sean pertinentes y significativas para los objetivos de aprendizaje, y que fomenten la participación y el compromiso de los estudiantes.

En este sentido, el uso de plataformas como ClassCraft puede mejorar la motivación, el compromiso y el rendimiento académico de los alumnos. Los estudiantes pueden sentirse más comprometidos y motivados para aprender y desarrollar habilidades si el proceso de aprendizaje se hace más interesante y entretenido. Además, la gamificación puede fomentar el trabajo en equipo, la colaboración y la sana competencia, lo que puede contribuir a crear un entorno de aprendizaje más positivo y productivo [1].

Los alumnos crean un personaje virtual en Classcraft y se unen a un equipo con otros estudiantes y un profesor que actúa como mentor y guía. Una vez que realizan tareas y demuestran sus conocimientos y habilidades en el aula, los alumnos reciben puntos y suben de nivel. Asimismo, pueden ganar puntos y recompensas por actuar de forma positiva y apoyar a sus compañeros [3]. A su vez, los estudiantes pueden personalizar la apariencia de su personaje y sus habilidades únicas, lo que les permite desarrollar sus destrezas y obtener ventajas en el juego. La plataforma cuenta con una herramienta de chat en grupo que permite a alumnos y profesores comunicarse y trabajar juntos en tareas y proyectos [4].

La plataforma Classcraft proporciona una variedad de tareas y retos que pueden ser personalizados por los profesores para satisfacer los objetivos de aprendizaje y las necesidades de sus alumnos. Estas tareas y retos pueden crearse para fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas, y en ellas se requiere que los alumnos utilicen sus habilidades de investigación, análisis y síntesis para resolver un problema o completar una tarea [5].

#### A. La gestión educativa en Ecuador

En función del Art.2.4 sobre los principios de la gestión educativa, en la reforma presentada por la Asamblea Nacional a la Ley Orgánica de Educación Intercultural del Ministerio de Educación Nacional [6] se expresa que: "Se considera al interaprendizaje y multiaprendizaje como instrumentos para potenciar las capacidades humanas por medio del arte, la cultura, el deporte, la sostenibilidad ambiental, el acceso a la información y sus tecnologías, la comunicación y el conocimiento, para alcanzar niveles de desarrollo personal y colectivo". Se puede argumentar que el proceso de innovación educativa se refiere al conjunto de pasos y estrategias utilizados para mejorar y cambiar el sistema educativo. El objetivo de la innovación educativa es mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje, y se centra en la creación de nuevos enfoques, técnicas y herramientas para mejorar el proceso educativo.

Diferentes actores pueden impulsar la innovación educativa, entre ellos el gobierno, las organizaciones educativas, los profesores y los estudiantes. Es esencial señalar que la innovación educativa va más allá de la mera implantación de nuevas tecnologías; más bien se centra en la creación de nuevos métodos, técnicas y herramientas que puedan mejorar la calidad de la formación y el aprendizaje. El avance de la tecnología educativa puede contribuir a mejorar la instrucción y preparar a los estudiantes para los retos presentes y futuros [7], [8].

#### B. Prueba LORI

La prueba Learning Object Evaluation Instruments (LORI) es un conjunto de instrumentos de evaluación utilizados para evaluar objetos de aprendizaje. Los objetos de aprendizaje son recursos educativos digitales que se utilizan en la enseñanza y el aprendizaje, como videos, simulaciones, juegos, entre otros.

La prueba LORI se utiliza para evaluar la calidad de estos objetos de aprendizaje y consta de dos partes:

La primera parte evalúa la calidad del contenido del objeto de aprendizaje y se enfoca en aspectos como la relevancia del contenido para los estudiantes, la claridad del lenguaje y la adecuación del nivel de dificultad.

La segunda parte evalúa la calidad técnica del objeto de aprendizaje y se enfoca en aspectos como la navegación, la accesibilidad y la facilidad de uso.

La prueba LORI se ha utilizado en varios estudios de investigación y ha demostrado ser una herramienta útil para evaluar la calidad de los objetos de aprendizaje. Al utilizar la prueba LORI, los educadores pueden asegurarse de que los objetos de aprendizaje que utilizan en sus cursos sean de alta calidad y cumplan con los estándares pedagógicos y técnicos necesarios para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

#### D. Software de Classcraft

Classcraft es una plataforma educativa en línea que utiliza elementos de juegos de rol y gamificación para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje y mejorar su comportamiento en el aula. Fue desarrollada por el canadiense Shawn Young en el año 2013. La plataforma permite a los profesores crear avatares personalizados para los estudiantes y diseñar misiones y tareas educativas que los estudiantes deben completar para ganar puntos y avanzar en el juego. Los estudiantes también pueden colaborar y competir con sus compañeros, lo que fomenta la cooperación y el trabajo en equipo. Además, Classcraft tiene una función de gestión del comportamiento que permite a los profesores recompensar o sancionar a los estudiantes por su comportamiento en el aula. Classcraft es utilizado por educadores en todo el mundo para motivar y comprometer a sus estudiantes en el proceso de aprendizaje.

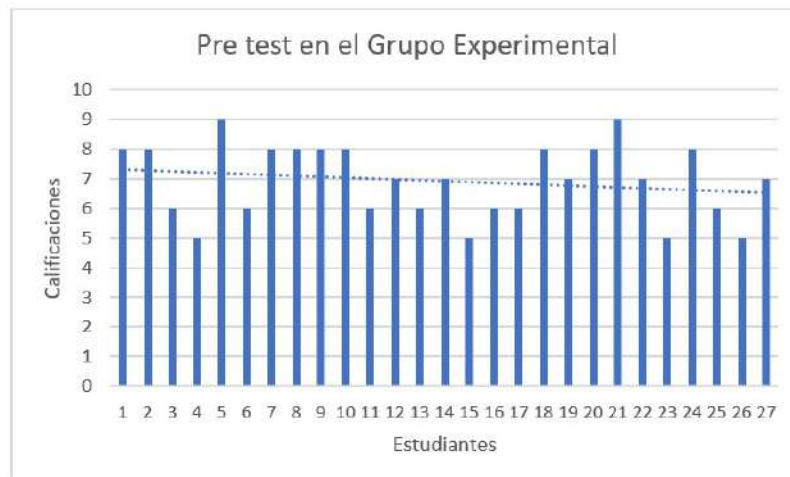
### III. METODOLOGÍA

La metodología es de tipo cuali-cuantitativa, con un alcance descriptivo, explicativo y analítico que implica la recopilación y el análisis de datos tanto de las encuestas como las pruebas aplicadas. La metodología estuvo compuesta por una actividad lúdica disponible en la plataforma Classcraft, donde los estudiantes pueden acceder e interactuar para aprender los conceptos y procesos relacionados con las matemáticas. Se eligió la temática de números racionales por ser este uno de los contenidos más complejos para los estudiantes, considerando que se trata de alumnos en un nivel de 8vo grado.

El grupo experimental estará compuesto por los estudiantes de 8vo año de educación general básica a quienes se les aplicará una preprueba de conocimiento y una pre encuesta de motivación (LORI). Después de la aplicación de la preprueba y pre-encuesta se aplicará la estrategia educativa. Finalmente, al grupo experimental será sometido a una segunda prueba y encuesta, es decir una Post prueba y una Post encuesta de motivación. De esta forma se podrá evaluar el nivel de la variable dependiente al inicio de la experimentación en el grupo de participantes y compararla con el nivel después de aplicar la gamificación al final [9].

#### IV. RESULTADOS

Se realizó una preevaluación a los estudiantes para conocer el nivel de conocimiento que tenían sobre el tema (Fig. 1), pero además se aplicó una encuesta previa al experimento para conocer su estado emocional con relación a la asignatura. Los resultados en la prueba de conocimiento revelaron un promedio de 6,93 puntos. Por otra parte, en las encuestas se observó que un alto porcentaje (67,9%) no tenía motivación suficiente para asistir a las clases de matemáticas y que no les parecían atractivos los contenidos.



**Fig. 1.** Resultados de la evaluación inicial sobre los conocimientos del tema (Grupo experimental).

Mientras que en el grupo de control los resultados también fueron aceptables (Fig. 2) pero con una diferencia de 0,89 entre ambos grupos, lo cual es aceptable.



**Fig. 2.** Resultados de la evaluación inicial sobre los conocimientos del tema (Grupo de control).

Al aplicar la estrategia lúdica, se pudo observar un cambio importante en la actitud de los estudiantes, sin embargo, el procedimiento consistió en realizar nuevamente la prueba de conocimiento y la encuesta de motivación. Los resultados mostraron que hubo mayores aciertos en las preguntas y además se redujo el error en aquellas preguntas donde inicialmente había menos aciertos (Fig. 3). Los resultados de las pruebas mostraron un promedio general de 8,07 sobre 10, con una diferencia de 1,14 puntos.

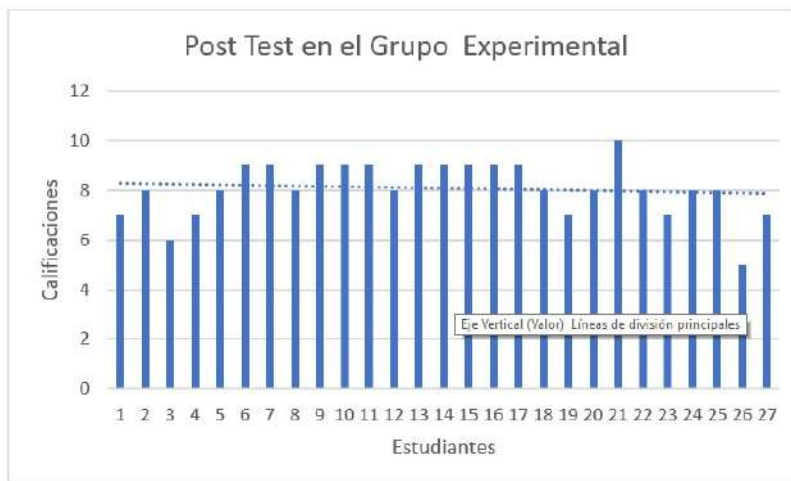


Fig. 3. Resultados del post test realizado al grupo experimental.

Por su parte, el grupo de control obtuvo resultados que están por debajo de lo aceptable, ya que el promedio de notas alcanzó un valor de 6,39 puntos, logrando una diferencia con el pretest de solo 0,35 puntos (Fig.4). A esto se suma el hecho de que la motivación en el grupo de control nunca fue lo suficientemente alta, a pesar de que los estudiantes expresaron afecto y respeto por el docente.

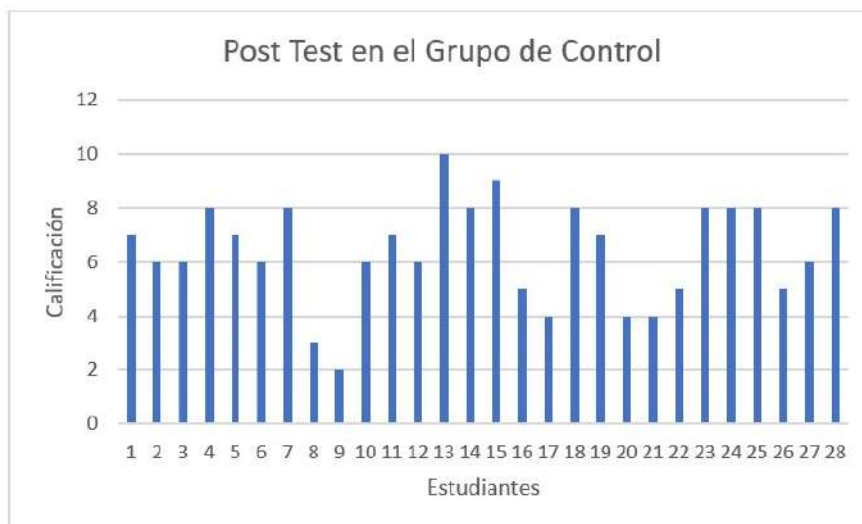


Fig. 4. Resultados del post test realizado al grupo experimental.

Si bien es cierto que la gamificación puede ser motivadora para un número importante de estudiantes, para algunos puede resultar estresante, ya que los estilos de aprendizaje pueden variar entre una persona y otra. Por tanto, al recoger la encuesta de motivación se observó que un 7,4% no estuvo de acuerdo con la aplicación lúdica para el aprendizaje en matemáticas.

Una vez analizados los datos obtenidos tanto en las pruebas de conocimientos previo y posterior a la aplicación de la estrategia de gamificación, y las preguntas realizadas, se puede corroborar la importancia de la aplicación de estrategias de innovación como la gamificación para la enseñanza de las matemáticas, en especial en niveles educativos básicos donde el estudiante está aprendiendo a reconocer su propia participación en el aprendizaje y la relevancia de este para su desempeño futuro.

#### A. Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se estableció lo siguiente:

H0= la gamificación no ayuda a los estudiantes a alcanzar una calificación superior o igual 9 puntos en la evaluación del tema de números racionales.

Mientras que la hipótesis alternativa fue la siguiente:

H1: la gamificación ayuda a los estudiantes a alcanzar una calificación superior o igual a 9 puntos en la evaluación del tema de números racionales.

Se utilizó el software GeoGebra, y para ello se consideró un nivel de significancia de 0,1 y un nivel de confianza de 90%, el promedio de los datos obtenidos con el pos test fue de 8,07 puntos, y la desviación estándar fue de 1,107, mientras que la desviación estándar tipificada fue de 0,213. Al evaluar el Z tipificado se observó que este se encuentra fuera del intervalo de validación de la hipótesis nula, es decir del intervalo  $[-1,6448 \quad 1,6448]$ , por lo tanto, se afirma que NO SE ACEPTA la hipótesis nula. Al no aceptar la hipótesis nula validamos la aplicación de la gamificación en el tema de número racionales. Lo que permite afirmar que la realización de actividades lúdicas en el aula eleva los conocimientos de los estudiantes y en consecuencia mejora sus calificaciones, por encima de un valor de 9 puntos.

#### B. Discusión de resultados

La gamificación y el uso de elementos de juegos de rol pueden motivar a los estudiantes a participar más activamente en el aprendizaje de matemáticas, lo que puede llevar a una mayor retención de conocimientos. En el caso específico de Classcraft los estudiantes reciben puntos y feedback en tiempo real en función de su desempeño en las misiones y tareas de matemáticas, lo que les permite saber si están comprendiendo los conceptos y si necesitan repasar más. Además, pueden trabajar juntos para completar misiones y tareas de matemáticas, lo que puede fomentar la cooperación y el trabajo en equipo. Resulta importante mencionar que en Classcraft los profesores pueden personalizar la experiencia de juego para adaptarse a las necesidades y habilidades individuales de los estudiantes, proporcionando así una experiencia de aprendizaje más efectiva y personalizada. En este sentido, vale la pena destacar la importancia de la enseñanza personalizada, que incluye la valoración de los estilos de aprendizaje.

El uso de estrategias innovadoras ayuda a la motivación estudiantil, que en ocasiones está agotado de las rutinas escolares, y que en su entorno social está rodeado de tecnologías digitales. En este sentido, el uso de herramientas digitales a través de juegos para la enseñanza puede resultar de mucha utilidad para la educación, para la formación de los jóvenes no solamente en el área académica sino en las diferentes situaciones sociales, para asumir retos, valorar el aporte de grupos de trabajos y aprender temas específicos [10].

Finalmente, resulta importante destacar que la gamificación puede ser una herramienta útil para reforzar la comprensión de problemas de aplicación con números racionales. Los resultados de este estudio sugieren que la gamificación puede motivar y comprometer a los estudiantes, lo que puede resultar en una mejor comprensión de la materia. Es recomendable ampliar la investigación a otros escenarios para determinar los efectos de la gamificación en otros conceptos matemáticos y en otros niveles educativos.

## CONCLUSIONES

En función de la dinámica buscada para este trabajo de investigación se puede afirmar que la gamificación en la enseñanza del nivel de educación básica superior permite a los estudiantes mejorar la comprensión de problemas de aplicación con números racionales fortaleciendo las habilidades para trabajar de forma individual y colaborativa, reconocer los logros y así generar sentimientos positivos hacia las situaciones de aprendizaje, autoestima y autoconcepto vinculados a los contenidos del área de matemáticas.

Mediante el uso de plataformas como Classcraft, la gamificación puede ayudar a la motivación, el compromiso y el rendimiento académico. Los estudiantes pueden sentirse más comprometidos y motivados para aprender y desarrollar habilidades si el proceso de aprendizaje se hace más interesante y entretenido. Además, la gamificación puede fomentar el trabajo en equipo, la colaboración y la sana competencia, lo que puede ayudar a crear un entorno de aprendizaje más positivo y productivo.

Según los datos obtenidos, el uso de herramientas innovadoras en el aula ayuda a la motivación de los estudiantes y promueve un mayor interés por el aprendizaje, logrando que el desempeño sea mayor, y que el aprendizaje sea significativo. De ahí, que el uso de la gamificación en el aula sea un tema de gran interés académico, pero debe ser aplicado con cuidado, ya que no todos los temas pueden ser apreciados con gamificación, y el uso inadecuado de la gamificación puede traer otros problemas en el aula. El docente debe entonces tener las habilidades y destrezas necesarias para desarrollar actividades lúdicas dentro de la enseñanza sin descuidar los demás aspectos propios de la disciplina estudiantil, el respeto al colectivo y el aprendizaje significativo.

## REFERENCIAS

- [1] L. M. Elles y D. Gutiérrez, «Fortalecimiento de las matemáticas usando la gamificación como estrategias de enseñanza-aprendizaje a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación en educación básica secundaria. Revista de la Asociación,» Revista de la Asociación Interacción Persa del Ordenador, vol. 2, nº 1, pp. 7-16, 2021.
- [2] F. García, E. Rangel y N. Mera, «Gamificación en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática.» Telos: revista de estudios interdisciplinarios en ciencias sociales, vol. 22, nº 1, pp. 62-75, 2020.
- [3] C. Inc., «Classcraft. In B. Entertainment,» Vol. Educación, 2023.
- [4] J. Rodríguez-Santana, «Aprendiendo matemáticas con Classcraft: programación didáctica de la asignatura matemáticas para 1º de la ESO,» 2019.
- [5] Q. Zhang, L. Yu y Z. Yu, «A content analysis and meta-analysis on the effects of classcraft on gamification learning experiences in terms of learning achievement and motivation.» Education Research International, pp. 1-21, 2021.
- [6] A. Nacional, «Ley Orgánica Reformativa de la Ley Orgánica de Educación Intercultural.» 2021. [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/05/Ley-Organica-Reformativa-a-la-Ley-Organica-de-Educacion-Intercultural-Registro-Of>. [Último acceso: 2023].



[7] P. De León, La innovación educativa, Ediciones Akal, 2005.

[8] J. Martínez-Bonafé, «Pero ¿Qué es la innovación educativa?» Cuadernos de pedagogía., 2008.

[9] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la investigación, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 1997.

[10] J. Pallares-Contreras y J. Pallares-Ruedas, «La gamificación y las TIC aliados para potenciar el aprendizaje de las matemáticas.» 2017.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.119>

# Muestreo de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de pastizales

Saquicela Rojas Rodrigo Alberto  
<https://orcid.org/0000-0003-2608-3150>  
rodrigo.saquicela@ute.edu.ec  
Maestrante del Instituto de Posgrado de la  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador  
Universidad UTE  
Santo Domingo-Ecuador

Useche Castro Lelly  
<https://orcid.org/0000-0002-4294-9009>  
lelly.useche@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

González Pedraza Ana Francisca  
<https://orcid.org/0000-0002-4392-3724>  
ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co  
Universidad de Pamplona  
Pamplona-Colombia

Recibido (03/11/2022), Aceptado (29/04/2023)

**Resumen:** Las propiedades de los suelos con pastizales de pastoreo frecuentemente se degradan en las zonas tropicales. El objetivo de este trabajo fue revisar la literatura de la teoría y resultados del muestreo y análisis de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo de pastizales a nivel mundial y en Ecuador. Se revisó la metodología, resultados y discusión de 15 artículos del tema, disponibles en las bases de datos: Scopus, SciELO, ScienceDirect, Scimago Journal & Country Rank, Dialnet y SpringerLink; y la teoría respectiva de 5 libros. Se encontró que a nivel mundial existen trabajos de muestreo de suelos que evalúan la variabilidad espacial de sus propiedades; mientras que a nivel nacional los muestreos no consideran dicha variabilidad. Es importante llevar a cabo en Ecuador investigaciones de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de pastizales, que permitan tomar decisiones fiables para su manejo y conservación.

**Palabras clave:** Semivariograma, krigado, variabilidad espacial del suelo, pastizal.

## Sampling the spatial variability of grassland soil properties

**Abstract.** - The properties of grazed grassland soils are frequently degraded in tropical zones. This work aimed to review the literature on the theory and results of sampling and analysis of the spatial variability of pasture soil properties in the world and Ecuador. The methodology, results, and discussion of 15 articles on the subject, available in the following databases: Scopus, SciELO, ScienceDirect, Scimago Journal & Country Rank, Dialnet, and SpringerLink; and the respective theory of 5 books were reviewed. It was found that worldwide there are soil sampling works that evaluate the spatial variability of soil properties; at the national level, sampling does not consider this variability. It is essential to conduct research in Ecuador on the spatial variability of the properties of pasture soils, which will allow reliable decisions to be made for their management and conservation.

**Keywords:** Semivariogram, kriging, soil spatial variability, grassland.



## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un conjunto dinámico formado por partes físicas, químicas y biológicas que básicamente mantienen la productividad biológica y conservan la calidad del ambiente [8]. Dichas partes son propiedades que varían espacialmente en el suelo debido al manejo, clima y biota [19]. El pastoreo en un manejo que influye en sus propiedades, como la compactación que está relacionada con el pisoteo del ganado [6]. Así, a nivel mundial hay investigaciones de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de agricultura y pastizales [7], [12], [13], [17].

En Ecuador se desconoce la situación actual del muestreo de las propiedades de los suelos con pastizales de pastoreo, con fines de planificar diseños de muestreos que evalúen la variabilidad espacial y predigan con precisión el valor esperado de estas propiedades.

El objetivo de esta revisión de literatura fue conocer el estado actual del diseño y análisis de muestreo de la variabilidad espacial de propiedades de suelos de pastizales y el comportamiento de la variación de estas. Esta revisión se basa en el hecho de que las propiedades del suelo varían principalmente por el manejo agronómico, clima, biota y tipo de suelo [19]. La medición de propiedades del suelo con predicciones precisas permite tomar decisiones fiables para su manejo y conservación. De esta forma, existen herramientas para medir y analizar la variabilidad espacial de propiedades del suelo, como el muestreo basado en el modelo, semivariograma y krigeado [2].

Se analizaron diversas publicaciones científicas relacionadas con la medición de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo de pastizales a nivel mundial y en Ecuador. También se examinaron libros acerca del muestreo y análisis de la variabilidad espacial del suelo. Se resumió la información encontrada.

El presente artículo tiene la siguiente estructura: resumen, traducción del resumen, introducción, desarrollo de la revisión de la literatura, metodología, resultados, conclusiones y referencias.

## II. DESARROLLO

### A. Propiedades del suelo

El suelo es una unidad dinámica con componentes físicos, químicos y biológicos que interactúan de forma compleja y definen su funcionamiento para variados fines. El funcionamiento se refiere a la calidad del suelo, que es su capacidad para impulsar la salud de animales y plantas, conservar la calidad ambiental y mantener la productividad biológica [8].

Los componentes del suelo son materia con cualidades y atributos denominados propiedades, que sirven para distinguir entre muestras de suelo [5], [8]. El suelo tiene propiedades físicas, químicas y biológicas. Las físicas no cambian la composición de la muestra mientras se mide u observa la propiedad [8]. Las químicas son los cambios en la composición de una muestra en condiciones de reacción química [5]. Finalmente, las biológicas son cambios causados por los organismos en las propiedades físicas y químicas [8].

Entre las propiedades físicas del suelo están la conductividad hidráulica, retención de agua, porosidad y propiedades mecánicas. Entre las químicas se encuentran el potencial de hidrógeno (pH), estado redox, retención de iones en el suelo, salinidad y sodicidad. Por último, las biológicas se consideran la mineralización potencial de nitrógeno o carbono, tasa de respiración, lombrices de tierra, biomasa bacteriana, diversidad bacteriana, presencia de patógenos [8].

Por otro lado, las propiedades del suelo tienen variación y correlación espacial debido al manejo agronómico, biota, tipo de suelo y clima [19]. Las observaciones más cercanas entre sí son frecuentemente más parecidas que las más lejanas [20]. Se ha reportado investigaciones de variabilidad espacial de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo [1], [6].

Medir con precisión las propiedades del suelo ayuda a su diagnóstico y toma de decisiones para su manejo y conservación. Para tal efecto, se han desarrollado herramientas para el diseño del muestreo de la variación espacial de las propiedades del suelo, tales como el muestreo basado en el diseño, que no considera la variación espacial; y el basado en el modelo, que considera la variación espacial [20].

#### B. Muestreo del suelo basado en el diseño

Existen dos enfoques para el muestreo de propiedades del suelo: los basados en el diseño y los basados en el modelo. El muestreo basado en el diseño sirve para muestrear con objetividad y sin sesgos. La inferencia se basa completamente en el diseño del muestreo y la independencia obtenida con la selección aleatoria de las muestras. Cada punto de muestreo en el espacio y tiempo se considera fijo, así como el valor de la variable que se obtenga en dicho punto [19], [18].

Con respecto a la inferencia, se infiere parámetros poblacionales (como media y varianza) únicos (¿cuánto es su valor?) para todo el dominio espacial, siempre que el tamaño de la muestra sea adecuado, con los supuestos de independencia espacial (que no exista correlación espacial de las variables) y que la población (de datos) esté distribuida idénticamente en el dominio espacial. Los estimadores de los parámetros son insesgados [18], [19], [20].

De esta forma, el muestreo basado en el diseño, para poblaciones idénticamente distribuidas e independientes, utiliza los diseños de muestreos aleatorios clásicos: simple, sistemático, estratificado, conglomerados, además del muestreo aleatorio en dos pasos. El último consiste en la elección aleatoria de estratos y elección aleatoria de muestras dentro de los estratos elegidos. En los muestreos simple, sistemático y conglomerados se supone la independencia y población idéntica dentro del dominio espacial; mientras que en el estratificado y de dos pasos la suposición es dentro de los estratos. No obstante, la variación y correlación espacial de las variables está presente en el dominio espacial [20], lo que no permitiría muestreos fiables basados en el diseño.

### C. Muestreo del suelo basado en el modelo

El muestreo basado en el modelo permite muestrear sin el supuesto de independencia espacial, por tanto, no es necesaria la aleatorización para elegir cada punto de muestreo [19]. Los valores de la variable en cada punto de muestreo se consideran aleatorios y representa un muestreo único, la población, de infinitos muestreos posibles a un universo representado por un modelo estocástico (con variables aleatorias que cambian entre instantes de muestreo), la superpoblación. De esa manera, la aleatoriedad del diseño se genera por un conjunto de modelos estocásticos [18]. Además, se asume la independencia espacial al muestrear variables aleatorias de un universo estocástico. Un modelo estocástico usado es el krigeado [19], [20].

En lo referente a la inferencia, las variables se suponen aleatorias en los puntos de muestreo de un diseño basado en el modelo, así, la verdadera media espacial también es aleatoria. Por tanto, se predice (¿dónde están los valores?) dicha media en el dominio espacial, no se estima con un único valor [18]. De esta manera se puede predecir valores de la variable en puntos no muestreados, elaborar mapas de la variación de las propiedades del suelo y estimar parámetros del modelo estocástico [20]. Por otro lado, existen los siguientes objetivos a cumplir cuando se muestrea con base en el diseño: minimizar la estimación de la varianza del error, cubrir por igual el dominio espacial y cubrir por igual en el espacio de las características [20]. Para minimizar la estimación de la varianza del error se usa el krigeado, que estima imparcialmente los valores de una variable en puntos no muestreados con un mínimo error de estimación cuadrático medio. También existen las medias de superficie con no homogeneidad [20].

Por otro lado, para cubrir por igual el dominio espacial se asignan los puntos de muestreo de tal forma que cubran el dominio lo más uniformemente posible por medio de una cuadrícula finita, según el criterio de la mínima distancia promedio entre los puntos adyacentes de la cuadrícula aplicada a su centro [20]. De esta forma, la cuadrícula triangular equilátera cumple esta condición para un dominio sin restricciones en asignar puntos de muestreo [11]. También existen otras opciones para la distancia mínima, como la media ponderada de las distancias más cortas y la distancia media cuadrática basada en polígonos de Thiessen. Otras formas de cuadrícula usadas en la práctica son: muestreo en cuadrícula, muestreo en transecto, muestreo secuencial y muestreo anidado [20].

Para cubrir por igual el espacio de las características del dominio espacial se distribuye las unidades de muestreo de una forma tal que permita obtener la mejor distribución posible de la población. Para el efecto, se aplican dos criterios principales: el muestreo de hipercubo latino y el de Warrick-Myers. En caso de desconocer distribuciones de la población previas al muestreo se utiliza la experiencia en casos similares o datos auxiliares [20].

En lo referente al tamaño de la cuadrícula, para el muestreo de la variabilidad de propiedades químicas del suelo, varía entre 1 m a 100 m por lado. Los puntos de muestreo se ubican principalmente en el centroide o en las esquinas de las cuadrículas. También pueden estar distribuidos por toda la celda [19]. Por otro lado, la cantidad de puntos de muestreo para estimar semivarianzas (base para estimar el modelo estocástico) dentro de límites de confianza aceptables se sugiere al menos entre 100 a 150 puntos de muestreo [11]. Así mismo, se han desarrollado técnicas estadísticas para el análisis espacial de datos, como el semivariograma, para analizar la estructura de la variación espacial de propiedades del suelo; y el krigeado, que predice las variables espaciales en función del semivariograma [2].

El análisis estructural consiste en encontrar una función que explique la estructura de la dependencia o correlación espacial de las variables medidas. La función es la base para la predicción espacial de las variables y se denominan funciones de covarianza (covariogramas) y semivariogramas. La función de covarianza empírica se indica en (1), donde  $C(h)$  es la covarianza empírica para la clase de distancia de intervalo  $h$ ;  $N(h)$  es el número de pares de distancias separadas por la distancia  $h$ ;  $Z(s_i)$  y  $Z(s_i + h)$  son los valores de la muestra medidos en la posición  $i$  e  $i + h$ , respectivamente;  $\mu$  es la verdadera media de la población y se estima con el promedio de  $Z(s_i)$ ;  $N$  es el número total de datos [10].

$$\hat{C}(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - \mu][Z(s_i + h) - \mu] \quad (1)$$

La función del semivariograma empírico usualmente se calcula con el estimador de momentos de Matheron (2), donde  $\gamma(h)$  es el semivariograma empírico para la clase de distancia de intervalo  $h$  [2].

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (2)$$

No obstante, cuando la varianza residual es pequeña, el semivariograma se puede calcular de forma menos sesgada con el estimador de Cressie-Hawkins [2]. El semivariograma se completa al modelar el semivariograma en función de la distancia, con los modelos exponencial (3), esférico (4), gaussiano (5); donde es la ordenada de origen del semivariograma (pepita o nugget) que representa la varianza total de los errores aleatorios o sin estructura espacial y los errores por no medir con menor distancia de intervalo; es la varianza estructural o meseta del semivariograma (sill); es el rango e indica la distancia desde el origen hasta cuando se llega a la meseta. El rango práctico es la distancia desde el origen hasta cuando la semivarianza es el 95 % de la varianza total; siempre que el semivariograma llegue asintóticamente a la meseta; indica la varianza umbral y a partir de ahí las observaciones son independientes [10]. Además, hay otros modelos como el exponencial-coseno, de onda, De Wijsian, cúbico, penta-esférico, pepita puro [10]. Los métodos de ajuste de los datos al modelo son por mínimos cuadrados y modelos lineales mixtos [2].

$$\hat{\gamma}(h) = \begin{cases} C_0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(1 - \exp\left(\frac{-3h}{R}\right)\right) & h \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\hat{\gamma}(h) = \begin{cases} C_0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(\frac{3h}{2R} - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{R}\right)^3\right) & 0 < h \leq R \\ C_0 + C & h > R \end{cases} \quad (4)$$

$$\hat{\gamma}(h) = \begin{cases} C_0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(1 - \exp\left(-3\left(\frac{h}{R}\right)^2\right)\right) & h \neq 0 \end{cases} \quad (5)$$

La varianza estructural relativa es la razón entre la varianza estructural y la varianza umbral e indica el grado de estructuración espacial. Mientras más alto sea el valor de la varianza estructural relativa, más eficientes serán las predicciones estadísticas. Se clasifica en bajo, < 25 %; medio, 25 % a 75 %; alto, > 75 % [2].

## E. Predicción espacial

La predicción de la variable en el dominio espacial (campo, de terreno, donde se muestrea) se denomina predicción espacial. El método de predicción común es el krigeado (kriging) que tiene su base en el semivariograma empírico. El krigeado genera el valor esperado con el mejor estimador lineal insesgado y el error de estimación (varianza krigeada). Existe el krigeado puntual y en bloques. El puntual se usa para predecir la variable en lugares (puntos) no muestreados mucho menores que las distancias espaciales; mientras que el krigeado en bloques es para predecir el promedio de la variable en una superficie mayor que el puntual, por medio de estimaciones puntuales en dicha superficie [2].

Entre el krigeado puntual existen el krigeado ordinario (6), simple (7) y universal (8) para la predicción espacial, donde  $Z(s_0)$  es la variable  $Z$  predicha en cualquier nuevo punto  $s_0$ ;  $w_i$  son los pesos asignados a cada observación con suma de uno;  $f_k$ , es función de las coordenadas espaciales. El ordinario y simple es para variables con distribución normal y el universal para variables con media que depende de la varianza. El krigeado ordinario se utiliza para estimar localmente la media de la variable; el krigeado simple, cuando se conoce la media poblacional de la variable; el universal, para estimar la influencia espacial de los datos con las coordenadas espaciales [2].

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N w_i Z(s_i) \quad (6)$$

$$\hat{Z}(s_0) = \mu + \sum_{i=1}^N w_i Z(s_i) \quad (7)$$

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N w_i f_k Z(s_i) \quad (8)$$

También existe el krigeado indicador para variables binarias o variables continuas transformadas a binarias; el krigeado disyuntivo (y el krigeado indicador) para interpolación no lineal, el krigeado intrínseco para variables heterogéneas con varias medias; kriging recursivo con el filtro Kalman y krigeado con la máxima entropía bayesiana que tiene menos restricciones e incorporar más conocimiento previo [10]. En cuanto al krigeado en bloques el más común es el krigeado ordinario en bloques, donde  $Z(B)$  es la variable predicha en  $Z$  el dominio centrado en el punto de interés [2].

### III. METODOLOGÍA

La información de muestreo de variabilidad espacial de las propiedades del suelo de pastizales se hizo con el motor de búsqueda Google Académico. Las palabras clave usadas fueron las siguientes: "spatial variability soil physical", "kriging", "gaussian secuential simulation", "soil degradation", "soil properties spatial variation grass", "soil sampling", "grid soil sampling" y "variabilidad espacial do solo pastagem". Se eligieron 20 documentos científicos, de los cuales 15 eran artículos y 5 eran libros. Los artículos que generó la búsqueda estuvieron en bases de datos indexadas como Scopus, SciELO, ScienceDirect, Scimago Journal & Country Rank, Dialnet, SpingerLink. Los libros consultados fueron publicados por editoras como Elsevier, Springer, Pearson, Brujas, Mundi-Prensa y Wiley. Los artículos elegidos se revisaron principalmente las metodologías, resultados y conclusiones, y se escribieron los respectivos resúmenes. En los libros se revisaron conceptos de propiedades del suelo y de muestreo de la variabilidad espacial de dichas propiedades.

## RESULTADOS

Se presentan los resultados de la revisión de literatura de diseño de muestreo y análisis de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de pastizales.

### A. Diseños de muestreo de la variabilidad espacial de propiedades del suelo a nivel mundial

En Portugal se diseñó un muestreo para medir la variabilidad espacial de la textura, humedad, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio del suelo de un pastizal cultivado y con pastoreo de ovejas y ganado bovino. Se tomaron 76 muestras compuestas en un terreno de 6 ha dividido en cuadrículas de 28 m por 28 m. Las muestras se tomaron de 0-30 cm de profundidad del suelo. La muestra compuesta, para obtener una muestra por cuadrícula, consistió en cinco submuestras, cuatro muestreadas en las esquinas de la cuadrícula y una de su centro. Los datos se analizaron con estadística descriptiva, correlación y mapas de variabilidad espacial con un interpolador de distancia al cuadrado inverso [17].

En otra investigación llevada a cabo en Brasil en un pasto cultivado y con pastoreo de bovinos se muestreó propiedades del suelo para medir la variabilidad espacial y elaborar mapas de fertilidad del suelo. Se muestreó el pH, contenidos de carbono orgánico y arcilla, fósforo, calcio y magnesio disponibles, potasio aluminio e hidrógeno intercambiables, capacidad de intercambio catiónico efectiva, saturación de bases y conductividad eléctrica. El pastizal tenía 5,3 ha dividido en 270 potreros donde se tomaron 73 muestras de suelo, excepto para la conductividad eléctrica, que fueron 4 794. Se utilizó el muestreo por zonas de manejo, que consiste en delimitar zonas de similares rendimientos del pasto y presencia de malezas, dentro de las cuales se tomó una muestra compuesta de al menos 10 submuestras. No se hizo el muestro por cuadrículas, no se indica las dimensiones de las zonas de muestreo. La profundidad de muestreo fue de 0-20 cm de profundidad. Se usó el semivariograma ajustado a modelos empíricos y programas de sistemas de información geográfica para elaborar mapas de fertilidad del suelo. No se indica la cantidad total de muestras para la conductividad eléctrica [7].

Así mismo, en Brasil, se muestreó un pastizal cultivado (degradado) para pastoreo las propiedades del suelo para evaluar su variabilidad espacial. Se muestreó el contenido de arena, limo, arcilla, de 0-20 cm de profundidad, la densidad aparente de 0-10 cm y de 10-20 cm, resistencia a la penetración cada 5 cm de profundidad de 0-30 cm, permeabilidad e infiltración tridimensional de 0-20 cm. El pH, potasio, calcio, magnesio, fósforo, aluminio, materia orgánica, suma de bases, acidez potencial, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases y de aluminio, se muestrearon de 0-10 cm y de 10-20 cm. El pastizal tenía 3,67 ha y se tomaron 50 muestras de suelo cada 30 m aproximadamente, con espaciados irregulares (no cuadrículas) entre puntos de muestreo (definidos con sistema de posicionamiento global, GPS, de navegación). Los datos se analizaron con estadísticas descriptiva, semivariograma ajustado a modelos y krigeado ordinario [6]. También en Brasil, se investigó las propiedades del suelo de un pasto cultivado y con pastoreo para evaluar la variabilidad espacial. Las propiedades muestreadas fueron: pH, calcio, magnesio y aluminio intercambiables, fósforo, acidez potencial, capacidad de intercambio catiónico, suma de bases, saturación de bases, saturación de aluminio y carbono orgánico. el muestreo se hizo en un área de 56 m por 80 m en cuadrículas de 8 m con espaciado regular. Los puntos de muestreo fueron las intersecciones de las cuadrículas, 88 en total. En cada punto de muestreo se tomaron muestras de 0-5 cm, 5-10 cm y 10-20 cm de profundidad. Los datos se analizaron con la estadística descriptiva, semivariograma ajustado al modelo esférico y krigeado [4].



En Brasil se muestreó un pastizal de pastoreo para medir la variabilidad espacial de flujo de dióxido de carbono, temperatura y humedad del suelo. El lugar de muestreo fue de 70 m por 70 m, en cuadrículas regulares de 10 m de espaciamento. Los puntos de muestreo fueron las intersecciones de las cuadrículas y la profundidad de muestreo fue de 0-20 cm. Los datos fueron analizados con estadística descriptiva, semivariograma ajustados a modelos y krigado [1].

Por otro lado, en Venezuela se muestrearon las propiedades del suelo de un cultivo agrícola: arena, arcilla, limo, pH y materia orgánica. Una finca de 286 ha se dividió en cinco unidades de suelo según la variabilidad analizada en una fotografía aérea (escala 1:25 000). Se muestreó en el primer horizonte genésico (no se indica la profundidad) por puntos de muestreo separados sistemáticamente entre sí de 50-100 m y se obtuvo un total de 67 muestras que cubría toda la finca. Los datos se analizaron con la estadística descriptiva, semivariograma ajustado a modelos teóricos y krigado puntual [13].

En otro lugar, Arabia Saudita, se muestreó un suelo con pasto cultivado para medir la variabilidad espacial de sus propiedades: pH, conductividad eléctrica, textura y compactación. Se muestreó 16 ha de suelo por medio de cuadrículas regulares de 40 m por 40 m de separación. Los puntos de muestreo fueron 86, la profundidad de muestreo fue de 0-20 cm, excepto para la compactación que fue de 0-15 m. Los datos fueron analizados con semivariograma y krigado ordinario [3].

Finalmente, en España se diseñó un muestreo para medir la variabilidad de la conductividad eléctrica, resistencia a la penetración y humedad gravimétrica del suelo de un cultivo de maíz, que antes tenía pasto de corte. El diseño consistió en 40 puntos de muestreo cada 10 cm hasta los 90 cm de profundidad, distribuidos en 6 ha, con muestreo no aleatorio dentro de los transectos donde se midió la conductividad eléctrica. La mínima distancia entre dos puntos adyacentes fue de 12 m y máxima de 113 m. La mínima distancia entre transectos fue de 4 m y la máxima de 30 m. Se usó la conductividad eléctrica del suelo para elegir los puntos de muestreo, por estudios previos que indican una relación de la conductividad eléctrica con la textura, humedad y salinidad del suelo. Los datos se analizaron con la estadística descriptiva, modelado del variograma y krigado ordinario y universal [12].

#### B. Diseños de muestreo de propiedades del suelo en Ecuador

En una investigación realizada en El Oro se muestreó las propiedades del suelo de un pastizal cultivado para pastoreo y bosque: textura, pH, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, carbono orgánico, flora total y bacterias. Se muestreó 3 ha de 2 parcelas por medio de 2 transectos de 30 m cada uno, separados entre sí cada 50 m de distancia. Los puntos de muestreo fueron a los 0 m, 15 m y 30 m dentro de cada transecto por medio de calcatas escalonadas. Una de las parcelas tenía forma de L y se muestreó a los 0 m y 25 m en dirección vertical y de 25-50 m en dirección horizontal. La profundidad de muestreo fue de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. También se muestrearon 2 ha de bosque nativo en 4 transectos ubicados a lo largo de los pastizales. El análisis estadístico se hizo con análisis de varianza y correlación. No se reporta análisis de la variabilidad espacial del suelo [9].

En otra investigación ejecutada en Quevedo se muestreó propiedades del suelo en cinco sistemas de uso del suelo: bosque primario, pasto cultivado para pastoreo, cacao, palma aceitera y maíz. Las propiedades evaluadas fueron: conductividad hidráulica, densidad aparente, densidad real, porosidad total, porosidad de aireación, textura, arcilla dispersa en agua, grado de floculación, materia orgánica e índice de materia orgánica. En cada sistema se tomaron muestras hasta 60 cm de profundidad cada 10 cm, por triplicado y se obtuvo 18 muestras en cada sistema. No se reportan las distancias de muestreo ni el área de muestreo. Se utilizó el análisis de varianza, correlación y análisis de componentes principales para analizar los datos. No se indica análisis de variabilidad espacial del suelo [14].

Por otro lado, en Machala se investigó las propiedades del suelo de cinco agrosistemas: banano (8,32 ha), ciclo corto (1,74 ha), pastos cultivados para pastoreo (4,89 ha), cacao (5,98 ha) y bosque secundario (2,43 ha). El área total de los agrosistemas es de 23,36 ha. Las propiedades medidas fueron: densidad real, textura, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Dentro de cada agroecosistema se fijaron aleatoriamente tres puntos de muestreo y las muestras se tomaron cada 15 cm hasta los 30 cm de profundidad por medio de calicatas. En total se obtuvieron 6 muestras por agroecosistema. No se indica las distancias entre puntos de muestreo. El análisis estadístico empleado fue el análisis de varianza. No se reportan análisis de la variabilidad espacial del suelo [15].

Finalmente, en Pastaza se muestrearon propiedades de suelos con varios usos que fueron 3 chacras distintas (terrenos con varios cultivos), 3 pastos distintos y 1 bosque natural: densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total y de aireación, pH, calcio, magnesio, potasio, fósforo, zinc, aluminio, cobre, acidez intercambiable, carbono orgánico total, número de lombrices. En cada suelo se definió un transecto que cubrió el terreno y se muestreó sistemáticamente en 5 parcelas de 10 m por 10 m, donde se tomó una muestra compuesta de 5 submuestras, a profundidades de 0-10 cm y de 10-30 cm. Las muestras para el análisis físico y químico del suelo se tomaron separadas, que fueron 20 en total por parcela. No se indica en área de muestreo ni la distancia entre parcelas de muestreo. El análisis utilizado fue el análisis de varianza, análisis de componentes principales y correlación. No se indica análisis de variabilidad espacial del suelo [16].

### C. Variabilidad espacial de las propiedades del suelo a nivel mundial

Una de las investigaciones de muestreo de la variabilidad de propiedades del suelo cultivado con pastos de pastoreo que fue hecha en Brasil, se observa que el semivariograma indica independencia de propiedades de fertilidad del suelo entre 62 m para el Mg a 10 000 m para el pH. Los modelos que se ajustan al semivariograma fueron el esférico, gaussiano y exponencial. Para el suelo en particular muestreado se recomienda distancias de 62 m para el muestreo de la variabilidad espacial de las propiedades de fertilidad del suelo [7].

En otra investigación, asimismo en Brasil, la independencia espacial de propiedades físicas de un suelo con pastizal cultivado con pastoreo está entre 35 m para la resistencia a la penetración y 110 m para la infiltración. En cuanto a las propiedades químicas de fertilidad del suelo se observa la distancia de independencia espacial entre 50 m para la capacidad de intercambio catiónico y 140 m de distancia para el potasio. Se ajustan los modelos: exponencial, gaussiano y, en su mayoría, el esférico. Con respecto a la relación entre variables, la compactación del suelo no tiene relación con la textura del suelo, si tiene con el pisoteo del ganado.

En general hay dependencia entre los mapas de pH, capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases con los de materia orgánica, calcio y magnesio, las propiedades físicas del suelo permiten detectar áreas degradadas del pastizal y la producción del pasto está más influida por las propiedades físicas que por las químicas [6].

Por otro lado, en España, en un suelo cultivado con maíz que anteriormente tenía pasto de corte, se obtiene un semivariograma de la resistencia a la penetración hasta 50 cm de profundidad ajustado al modelo semiesférico; sin embargo, de 50-90 cm solo hay efecto pepita puro debido a que se tomaron frecuentemente datos poco útiles. Además, la conductividad eléctrica aparente (medida directamente en campo) representa eficientemente la variación espacial de la resistencia a la penetración, porque ambas variables están relacionadas con la humedad, además de mejorar ligeramente el krigeado al ser usada como cokrigeado universal [12].

Finalmente, en Venezuela se muestreó las propiedades de un suelo de cultivo agrícola y se reporta que la independencia espacial está entre 347,3 m para el limo y arena y 469,7 m para el pH. La dependencia espacial es fuerte para la materia orgánica, pH y limo; moderada para la arena; débil para la arcilla. El modelo que se ajusta a la semivarianza fue el esférico. El krigeado muestra que el terreno se puede dividir en unidades de suelo con alta coincidencia a la división con base en la fotografía aérea, que inicialmente se usó para dividir el terreno en dichas unidades y muestrear [13].

#### D. Variabilidad de las propiedades de suelos en Ecuador

En una investigación realizada en los Ríos se muestreó propiedades físicas del suelo de sistemas de uso del suelo. El suelo con pasto cultivado para pastoreo presentó cambios de las propiedades principalmente en las capas superficiales del suelo, al igual que los monocultivos, al ser comparados con el suelo de bosque primario. Los cambios de las propiedades perjudicaron el movimiento vertical del agua en el suelo. Según el análisis de componentes principales el suelo del pastizal tiene los mayores contenidos de humedad volumétrica, limo, conductividad hidráulica y relación materia orgánica/(limo más arcilla). Asimismo, en todos los sistemas de uso de suelo la densidad aparente y materia orgánica, la densidad real y arcilla dispersa en agua, la conductividad hidráulica y materia orgánica/(limo más arcilla) tienen las mayores correlaciones positivas; mientras que la humedad volumétrica con la densidad real y arcilla dispersa en agua, la arena con la densidad aparente y materia orgánica tuvieron las mayores correlaciones negativas [14].

Por otro lado, en El Oro se muestreó en suelos destinados a varios agrosistemas y se encuentra que la densidad real, materia orgánica, del suelo con pastos cultivados para pastoreo es significativamente menor que el suelo de bosque, banano, cacao y maíz; mientras que la capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica del suelo de pastos son significativamente mayores que los demás cultivos nombrados [15].

Por último, en Pastaza se observó que el suelo destinado al cultivo de pastos tuvo diferencias significativas de propiedades físicas, químicas y biológicas al ser comparadas con el suelo de bosque y chacras. También se evaluó los suelos con un índice de calidad y reportan que los destinados a los pastos y chacras en general tienen una calidad levemente superior; sin embargo, las chacras y bosque tienen mayor calidad en la capa superficial del suelo.

Los suelos de 10-30 cm de profundidad de los pastos tienen los mayores valores de densidad aparente, porosidad de retención y pH; mientras que a profundidades de 0-10 cm el aluminio, potasio, magnesio y calcio tienen los mayores valores. Por otro lado, la conductividad hidráulica saturada y la porosidad de aireación, el potasio, calcio y magnesio, la densidad aparente y porosidad de retención tienen las mayores correlaciones positivas; mientras que la densidad aparente con la conductividad hidráulica saturada y porosidad de aireación, y la porosidad de retención con la materia orgánica tienen las mayores correlaciones negativas [16].

## CONCLUSIONES

Se ha realizado una revisión preliminar de literatura acerca del muestreo de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de pastizales. A nivel mundial existen diseños de muestreo de suelos con pastizales que evalúan la variabilidad espacial del suelo; mientras que a nivel nacional (Ecuador) los muestreos revisados no estudian la variabilidad espacial del suelo (relación de las propiedades con sus coordenadas donde fue medida), generalmente se muestrea dentro de parcelas de un terreno para estimar parámetros descriptivos de las propiedades del suelo, comparaciones entre diferentes usos del suelo, correlaciones o relaciones entre propiedades.

Los diseños del muestreo de la variabilidad espacial del suelo empleados son en cuadrículas regulares, transectos o sin un patrón regular de muestreo. Los muestreos en cuadrículas regulares tienen de 8 m hasta 40 m de lado de cuadrícula y los puntos de muestreo son generalmente en las intersecciones de la cuadrícula. Mientras que los muestreos en transectos o sin un patrón regular tienen distancias de 4 m a 50 m entre sí, con puntos de muestreo espaciados de 12 m a 113 m. El número de puntos de muestreo va de 40 a 88 distribuidos en áreas de 0,45 ha hasta 700 ha. La profundidad de muestreo va de 0-90 cm, en capas de al menos 5 cm de espesor.

Las técnicas usadas para estudiar la variabilidad espacial del suelo son el semivariograma ajustado a los modelos esférico, gaussiano y exponencial, y el krigado ordinario y universal. En general, las propiedades del suelo empiezan a tener independencia espacial a partir de los 35 m de distancia.

Finalmente, es importante llevar a cabo en Ecuador investigaciones de la variabilidad espacial de propiedades del suelo de pastizales, que permitan tomar decisiones fiables para su manejo y conservación.

## REFERENCIAS

- [1] D. Silva, M. Costa, B. Mantovanelli, L. Coutrim, M. Rodrigues, J. Cunha, "Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo em área de pastagem na região Amazônica, Brasil", *Revista de Ciências Agroveterinárias*, vol. 18, no. 1, pp. 119-126, noviembre 2019, [En línea], <http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10155/pdf>
- [2] M. Córdoba, P. Paccioletti, F. Giannini, C. Bruno, M. Balzarini. "Guía para el análisis de datos espaciales en agricultura", 1ª ed., Serie Estadística Aplicada, Córdoba: Brujas, 2019, [En línea], [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/128391/CONICET\\_Digital\\_Nro.%5eab968-1409-4511-b6d6-07134144803b\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/128391/CONICET_Digital_Nro.%5eab968-1409-4511-b6d6-07134144803b_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- [3] E. Tola, K. Gaadi, C. Biradar, R. Madugundu, A. Zeyada, A. Kayad, "Characterization of spatial variability of soil physicochemical properties and its impact on Rhodes grass productivity", *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 24, pp. 421-429, abril 2017, [En línea], <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.04.013>.

- [4] A. Lima, M. Campos, J. Cunha, L. Silva, F. Oliveira, B. Mantovanelli, E. de Brito, R. Gomes, 2019, "Spatial variability and sampling density of chemical attributes in archaeological black earth under pasture in southern Amazonas, Brazil", SOIL Discuss, junio 2019, [Preimpreso], [En línea], <https://doi.org/10.5194/soil-2019-26>.
- [5] R. Petrucci, F. Herring, J. Madura, C. Bissonnette, "Química general", Madrid: Pearson, 2011.
- [6] C. Grego, C. Gonçalves, S. Nogueira, F. Andrade, A. de Oliveira, C. Ferrer, A. dos Santos, J. de Abreu, "Variabilidade espacial do solo e da biomassa epigea de pastagem, identificada por meio de geostatística", Pesquisa agropecuaria brasileira, vol. 47, np. 9, pp. 1404-1412, septiembre 2012, [En línea], <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900026>
- [7] A. Bernardi, K. Santos, G. Bettiol, L. Rabello, R. Ferreira, R. Inamasu, "Spatial variability of soil properties and yield of a grazed alfalfa pasture in Brazil", Precision Agriculture, vol. 17, pp. 737-752, abril 2016, [En línea], <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9446-9>.
- [8] A. Delgado, J. Gómez, "The Soil. Physical, Chemical and Biological Properties", en Principles of Agronomy for Sustainable, Springer, 2016. [En línea], [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46116-8\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46116-8_2).
- [9] S. Barrezueta, K. Velepucha, L. Hurtado, E. Jaramillo, "Soil properties and storage of organic carbon in the land use pasture and forest", Revista de Ciencias Agrícolas, vol. 36, no. 2, pp. 31-45, abril 2019, [En línea], <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.116>
- [10] J. Wu, J. He, G. Christakos, "Quantitative analysis and modeling of earth and environmental data. Space-time and spacetime data considerations", India: Elsevier, 2022, [En línea], <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00055-9>.
- [11] M. Oliver, R. Webster, "Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging", Springer, 2015, [En línea], [https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-15865-5?error=cookies\\_not\\_supported&code=76d5fdbcb77b-4658-a544-6bf0d847312f](https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-15865-5?error=cookies_not_supported&code=76d5fdbcb77b-4658-a544-6bf0d847312f).
- [12] G. Machado, J. Dafonte, J. Bueno, M. Valcacer, E. Farias. "Using Soil Apparent Electrical Conductivity to Optimize Sampling of Soil Penetration Resistance and to Improve the Estimations of Spatial Patterns of Soil Compaction", The Scientific World Journal, pp. 1-12, diciembre 2014, [En línea], <http://dx.doi.org/10.1155/2014/269480>.
- [13] A. González, J. Rey, J. Atencio, "Variabilidad espacial de los suelos de la unidad experimental la glorieta con fines agropecuarios", Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), suplemento 1, pp. 539-553, junio 2014, [En línea], [https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento\\_2014/ing/ingsupl12014539553.pdf](https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2014/ing/ingsupl12014539553.pdf).
- [14] Novillo I.; Carrillo, M.; Cargua, J.; Moreira, V.; Albán, K.; Morales, K, "Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador". Temas Agrarios, vol. 23, no. 2, pp. 177 - 187, mayo 2018. [https://www.researchgate.net/publication/329046726\\_Propiedades\\_fisicas\\_del\\_suelo\\_en\\_diferentes\\_sistemas\\_agricolas\\_en\\_la\\_provincia\\_de\\_Los\\_Rios\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/329046726_Propiedades_fisicas_del_suelo_en_diferentes_sistemas_agricolas_en_la_provincia_de_Los_Rios_Ecuador)
- [15] I. Rodríguez, H. Pérez, R. García, A. Quezada. "Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas", Universidad y Sociedad, vol. 12, no. 5, pp. 389-398, septiembre 2020, [En línea], <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-389.pdf>
- [16] C. Bravo, F. Goyes, Y. Arteaga, Y. Garcia, D. Changoluisa. "A soil quality index for seven productive landscapes in the Andean-Amazonian foothills of Ecuador", Land Degradation & Development, vol. 32, pp. 2226-2241, enero 2021, [En línea], <https://doi.org/10.1002/ldr.3897>
- [17] J. Serrano, S. Shahidian, J. Silva, "Spatial variability and temporal stability of apparent soil electrical conductivity in a Mediterranean pasture", Precision Agriculture, vol. 18, pp. 245-263, julio 2017, [En línea], <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9460>.
- [18] D. Brus, J. de Gruijter, "Random sampling or geostatistical modeling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with discussion)", Geoderma, vol. 80, pp. 1-44, octubre 1997, [En línea], [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00072-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00072-4).

[19] P. Lawrence, W. Roper, T. Morris, K. Guillard, "Guiding soil sampling strategies using classical and spatial statistics: A review", *Agronomy Journal*, vol. 112, pp. 493-510, enero 2020. [En línea], <https://doi.org/10.1002/agj2.20048>

[20] J. Wang, A. Stein, B. Gao, Y. Ge, "A review of spatial sampling", *Spatial Statistics*, vol. 2, pp. 1-14, agosto 2012, [En línea], <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2012.08.001>

## LOS AUTORES



**Rodrigo Saquicela** es ingeniero agropecuario, especializado en nutrición vegetal. Maestrante del Instituto Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, UTM, Portoviejo, Ecuador. Docente de la Universidad UTE.



**Lelly María Useche Castro** es Ingeniero Industrial PhD en Estadística. Directora del Grupo de Análisis Multivariante y Estocástico (G.A.M.E). Institutode Ciencias Básicas. Departamento de Matemáticas y Estadística. Universidad Técnica de Manabí.



**Ana Francisca González Pedraza** es Ingeniera Agrónoma, Magister en manejo de los recursos agua y suelo. Doctora en Ciencias, mención Ecología. Docente de la Universidad de Pamplona, Pamplona. Norte de Santander, Colombia.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.120>

# Evaluación de las reacciones de reducción en solución acuosa: alternativas económicas para laboratorio

Altamirano Briones Gustavo Alejandro  
<https://orcid.org/0000-0002-9360-9610>  
gustavo.altamirano@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de Química  
Manabí-Calaceta-Ecuador

Viteri Uquillas Cecilio Andres  
<https://orcid.org/0009-0005-5877-1144>  
Cecilio.viteri@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de Química  
Manabí-Portoviejo-Ecuador

Gisella Larissa Sacoto Palacios  
<https://orcid.org/0000-0002-9062-9851>  
gisella.sacoto@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de Química  
Portoviejo-Manabí-Ecuador

Rosa Mariuxi Litardo Velásquez  
<https://orcid.org/0000-0002-1046-4699>  
rosa.litardo@utm.edu.ec  
Universidad técnica de Manabí  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de Química  
Portoviejo- Manabí Ecuador

Blanca Leonor Cedeño Briones  
<https://orcid.org/009-0007-3744-435X>  
blanca.cedeno@utm.edu.ec  
Universidad técnica de Manabi  
Facultad de Ciencias Básicas  
Departamento de Química  
Portoviejo-Manabí-Ecuador

Recibido (22/10/2022), Aceptado (26/04/2023)

**Resumen:** El desarrollo tecnológico en la química del estado sólido, nanotecnología y nuevos materiales avanza a pasos acelerados, los estudios de métodos para generar películas delgadas de materiales conductores y semiconductores son de gran interés, sin embargo, los métodos actuales tienden a ser muy costosos e inaccesibles para los países en vías de desarrollo. El presente trabajo busca presentar alternativas viables y económicas para laboratorios de docencia para la investigación de procesos de deposición química en solución acuosa y la producción de capas finas de materiales de interés en química del estado sólido y nuevos materiales. Los metales estudiados fueron cobre, cobalto y níquel en distintos tipos de sales y los agentes reductores, clorhidrato de hidracina, fenilhidracina y borohidruro de sodio. Los principales resultados muestran que es posible la utilización de químicos más económicos para el estudio de deposiciones en solución acuosa, siendo una alternativa viable para los laboratorios.

**Palabras clave:** Química del estado sólido, deposición química en fase acuosa, deposición por reducción, películas delgadas, recubrimientos.



Evaluation of reduction reactions in aqueous solution: economical alternatives for laboratory

**Abstract.** - Technological development in solid-state chemistry, nanotechnology, and new materials is advancing at an accelerated pace, studies of methods to generate thin films of conductive and semiconductor materials are of great interest, however, current methods tend to be very expensive and inaccessible to developing countries. The present work seeks to present viable and economical alternatives for teaching laboratories to investigate chemical deposition processes in aqueous solutions and produce thin layers of materials of interest in solid-state chemistry and new materials. The metals studied were copper, cobalt and nickel in different types of salts and reducing agents, hydrazine hydrochloride, phenylhydrazine and, sodium borohydride. The main results show that it is possible to use cheaper chemicals to study depositions in an aqueous solution, a viable alternative for laboratories.

**Keywords:** Solid state chemistry, aqueous phase chemical deposition, reduction deposition, thin films, coatings.

## I. INTRODUCCIÓN

El componente experimental dentro de la formación universitaria es un pilar fundamental para el desarrollo académico, con la creación de nuevas carreras como química pura, ingeniería en materiales o nanotecnología, el principal desafío para docentes y estudiantes es poder estudiar y aplicar experimentalmente los avances tecnológicos en las distintas asignaturas, por ejemplo, asignaturas como química del estado sólido, nuevos materiales o química de materiales, el desafío es poder realizar experimentalmente la producción de películas finas, conductoras. Las técnicas actuales para la producción de películas finas utilizadas son la deposición química en fase de vapor (CVD) por sus siglas en inglés, el recubrimiento por láser punzantes, el depósito de capas atómicas o el rocío pirolítico [1]. Estas técnicas permiten generar películas finas de alta pureza, controlar las películas a depositar en su composición y estequiometría, sus aplicaciones son muy variadas desde la producción de celdas solares, catálisis y materiales conductores. Estos procesos tienen un costo muy alto, esto es debido al uso de cámaras de alto vacío, equipos de atmósferas inertes con gases acarreadores, reactivos muy puros, las condiciones de temperatura y presión complejas de conseguir son un problema de manejar y producir, volviéndose un tema exclusivo de laboratorios con muy alto presupuesto.

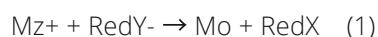
La tecnología actual para producir superficies conductoras utiliza metales nobles muy costosos como: el oro y la plata, y en el caso de usar otros metales más baratos como el cobre, titanio, tungsteno, aluminio, molibdeno, los procesos son muy costosos y muy difíciles de industrializar, por las exigentes condiciones de presión, temperatura, además estas tecnología innovadoras no existen en el país, por lo cual es necesario el desarrollo de procesos económicos y sencillos de deposición de metales sobre superficies de soporte para la elaboración de materiales electrónicos. Por tanto, es imprescindible reducir costos de producción y facilitar la industrialización de estos procesos, además los resultados que arrojó esta investigación es un importante antecedente para el desarrollo de más investigación en la deposición de otros metales sobre distintos materiales de soporte como cerámicas, diamante, porcelana de bajo voltaje, óxido de aluminio o vidrio [2], [3].



En este sentido, el trabajo realizado pretende identificar el reductor más eficiente para la deposición de capas de cobre, cobalto y níquel sobre superficies de cristal, además es importante evaluar la influencia que tiene el calentamiento en los procesos de deposición de cobre y níquel sobre superficies de cristal, así como la influencia que tiene la presencia de oxígeno en los procesos de deposición de cobre y níquel sobre superficies de cristal. De tal manera que en el trabajo realizado se evaluó la posibilidad de depositar capas de metales: cobre, cobalto y níquel sobre vidrio, mediante procesos de reducción simples a partir de soluciones de las sales de los metales deseados, usando agentes reductores.

## II. DESARROLLO

La deposición de los metales por acción de agentes reductores es exclusiva para la plata y el paladio en la cual la acción de agentes químicos reductores en soluciones acuosas permite formar depósitos de plata metálica sobre superficies no conductoras mediante la reacción general:



Donde M es un metal, Red es un agente reductor con un estado de oxidación Y, para el resto de los metales los métodos de deposición sobre superficies no conductoras se utilizan procesos físicos donde se vaporiza al metal, o se desprende átomos del metal con golpeteos de láser en altos vacíos, condición que hace a estos métodos muy costosos, además necesitan equipamientos muy sofisticados que no existen en el Ecuador. El tipo de adherencia de todos los casos de deposición es una quimisorción que es una adsorción ordenada y fuertemente consolidada por atracciones electrostáticas del adsorbato (metal) sobre el adsorbente (vidrio o superficie no conductora).

### A. Clasificación de procesos de deposición de metales

Procesos químicos:

Son procesos en los cuales mediante una reacción química se obtienen películas de metal sobre un soporte [4], por ejemplo, la reducción de la plata mediante el uso de tartrato de sodio y amonio en solución para formar espejos.

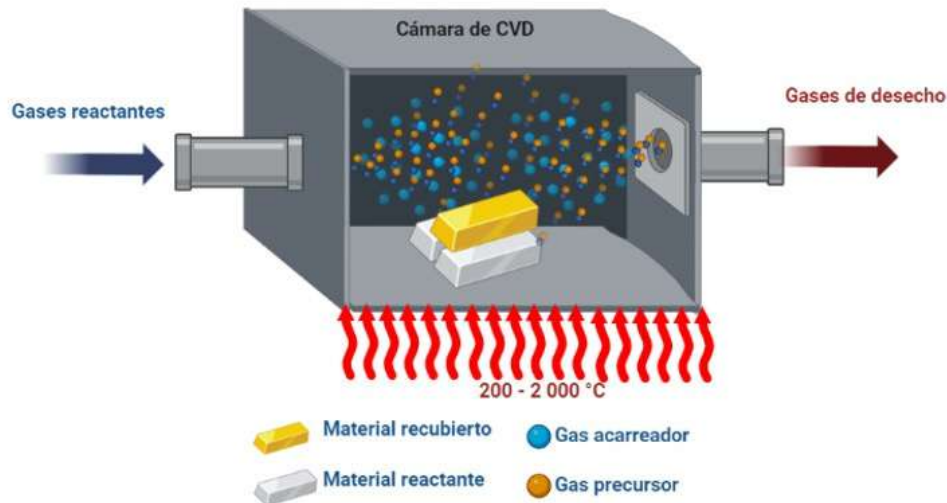
Procesos físicos:

Son procesos en los cuales se obtienen películas de metales sobre soportes a partir de del mismo metal, pero sometido a condiciones especiales, por ejemplo, el uso de potentes haces de luz en atmósfera inertes que chocan sobre una superficie metálica desprendiendo átomos de su superficie y depositándolas sobre un material soporte, entre los principales métodos tenemos la deposición química en fase de vapor y el proceso sputtering.

### B. Procesos de deposición de metales sobre soportes.

Sputtering

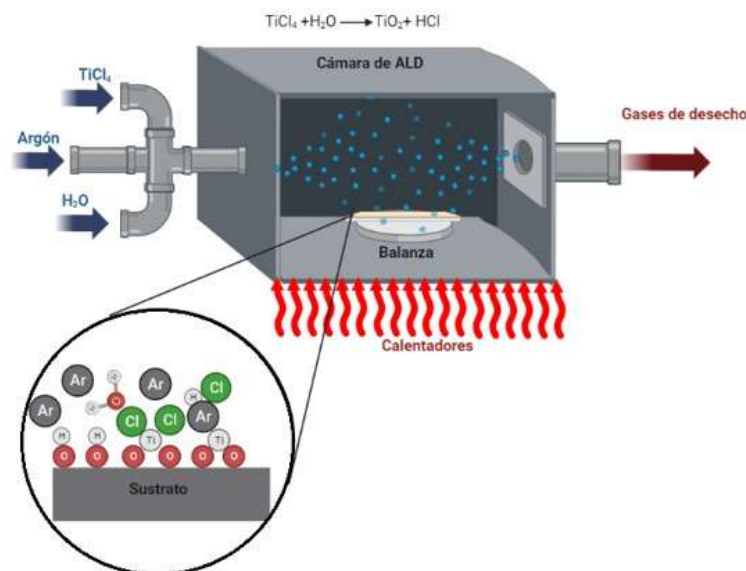
Es un proceso físico en el que se produce la vaporización de los átomos de un material sólido denominado "blanco" mediante el bombardeo de éste por iones energéticos. Este es un proceso muy utilizado en la formación de películas delgadas sobre materiales, técnicas de grabado y técnicas analíticas.



**Fig. 1.** Esquema de una cámara para deposición química en fase de vapor.  
Fuente: elaboración propia.

### C. La deposición de capas atómicas (ALD)

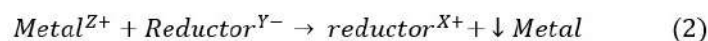
Son cámaras complejas donde, es posible depositar capas atómicas sobre un sustrato y controlar la cantidad de capas y los materiales a depositar, en este proceso ambos precursores entran nebulizados en la cámara de reacción y se depositan sobre el sustrato, la quimisorción sobre el sustrato permite el depósito de monocapas, estas a su vez, estas reaccionan entre sí para generar la película deseada, en la siguiente figura se muestra el esquema de un ALD con la formación de películas de  $\text{TiO}_2$ .



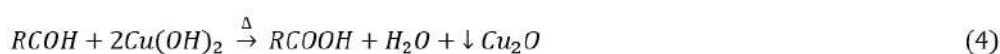
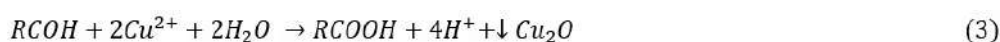
**Fig. 2.** Esquema de una cámara para deposición atómica. En esta reacción el sustrato está cubierto con iones hidroxilo para capturar las moléculas de  $\text{TiCl}_4$ , a continuación, el  $\text{TiCl}_4$  reacciona con las moléculas de agua eliminando  $\text{HCl}$  con el gas acarreador y formando una película de  $\text{TiO}_2$ .  
Fuente: elaboración propia.

## D. Reducción en fases líquidas a condiciones normales de trabajo

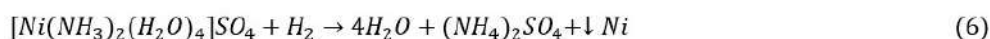
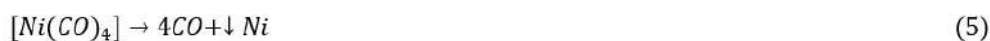
Las reacciones de reducción tienen la capacidad de producir metales puros y han sido utilizadas en la química analítica cualitativa de manera general para la identificación de moléculas, estas reacciones tienen la siguiente forma general:



Para la identificación de compuestos orgánicos, por ejemplo, se tienen reacciones clásicas como el test de Barfoed (reacción 2) y Fehling (reacción 3), los cuales reducen el  $\text{Cu}^{2+}$  a  $\text{Cu}^{+}$ :



En ambos casos la reducción del cobre se produce por los grupos aldehído de azúcares, con ese antecedente, es posible desarrollar más la reducción del cobre con agentes reductores más fuertes como: fenilhidracina ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$ ), hidracina o hidruros. Por otro lado, el Ni puede ser reducido a partir de compuestos de coordinación o depositado a partir de organometálicos en los procesos vapometalúrgicos:



## E. Depósitos de metales sobre cristal

Los espejos son objetos que reflejan casi toda la luz, que choca con su superficie, el caso más común es el de plata depositada sobre vidrio que permite reflejar la luz.

## Revestimientos metálicos

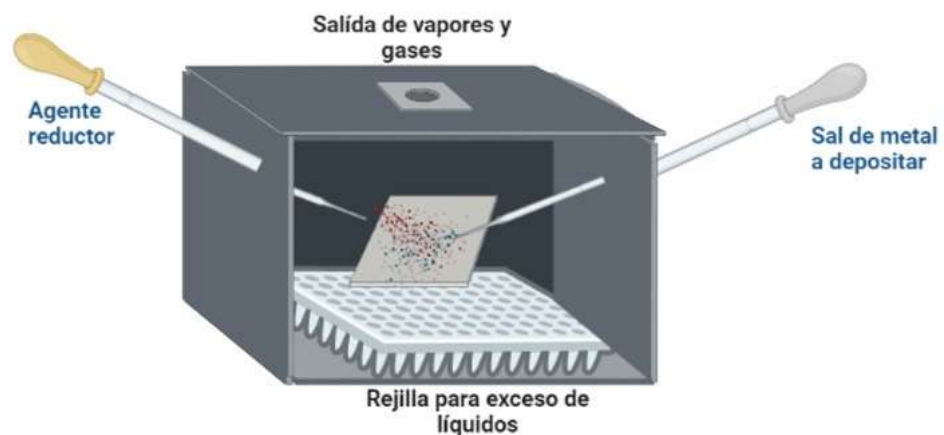
Los metales son los recubrimientos estándar para espejos debido a su alta reflectividad facilidad de aplicación. El recubrimiento de metal preferido para aplicaciones en el visible e infrarrojo cercano es de aluminio. A pesar de que no tiene la reflectividad de la plata, el aluminio es menos propenso a la oxidación. Revestimientos de aluminio frescos provee reflectividades de aproximadamente el 90% sobre la mayor parte de lo visible mientras que la plata puede ser tan alta como 98%. Las capas adicionales de materiales dieléctricos (por ejemplo,  $\text{MgF}_2$ ) se pueden usar para mejorar la reflectividad en un rango de longitud de onda específica y para la protección contra la oxidación. La plata proporciona la más alta reflectividad, pero es muy propenso a la oxidación. Se utiliza con mayor frecuencia en los espejos que proporcionan una reflexión interna, por ejemplo, en las caras de prismas de vidrio. En esta aplicación pueden ser protegidos con abrigos de otros metales como el cobre para evitar la oxidación.

Revestimientos de oro son los preferidos para espejos infrarrojos debido a su excelente resistencia al deslustre y muy alta reflectancia (96 a > 99 % para longitudes de onda de 0,7 a 5,0 micras). Su uso está limitado a ambientes limpios controlados, ya que son propensos de rasguños difíciles de limpiar. Revestimientos de rodio se utilizan a menudo con níquel electrodepositado para reflectores parabólicos. Ellos proporcionan alrededor de 80 % de reflectividad, pero son muy resistentes a la oxidación, incluso en agua salada.

### III. METODOLOGÍA

Se presenta un estudio de investigación experimental. Este tipo de investigación implica la manipulación de una o más variables independientes para observar los efectos que tienen sobre una o más variables dependientes. El objetivo fue establecer relaciones de causa y efecto entre las variables y determinar la naturaleza y la magnitud de estas relaciones. Para conocer la factibilidad del uso de los procesos y químicos en la investigación docente.

El procedimiento para el estudio y producción de capas finas se fundamenta tanto en el CVD como en el ALD, pero extrapolándolo a condiciones ambientales 25 °C y 1 atm de presión, el reactor a utilizar fue una caja de acrílico adaptada con mangueras plásticas que permiten la dosificación controlada de reactivos sobre un sustrato de vidrio, una rejilla para evacuación el exceso de líquido y una salida para vapores y gases generados, el esquema del reactor se ilustra en la figura 3.



**Fig. 3.** Reactor de deposición química en solución acuosa.  
Fuente: elaboración propia.

Para los sustratos de vidrio se procedió a lavar con agua regia portaobjetos en un baño ultrasónico por 30 minutos, posterior al lavado químico, se lavó los portaobjetos con agua destilada y se los secó en una estufa a 30°C por 30 minutos.

#### A. Deposición de cobre sobre vidrio

Se procedió a probar tres tipos de agentes reductores,  $N_2H_4HCl$  (Mettler Toledo),  $NaBH_4$  (Mettler Toledo) y  $C_6H_8N_2$  (Merck), sobre tres sales diferentes de cobre  $CuSO_4$  (Merck),  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ,  $CuY$  ( $Y = EDTA^{2+}$ ), en tres niveles de concentración 0,0125, 0,0250, 0,0500 mol/L tanto los agentes reductores como las soluciones de sales.

#### B. Deposición de níquel sobre vidrio

Se ensayaron los mismos tres agentes reductores, sobre dos sales diferentes de níquel  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  (Merck),  $\text{NiCl}_2$  (Sigma-Aldrich), se procedió a probar tres niveles de concentración de los agentes reductores y las sales 0,0125, 0,0250, 0,0500 mol/l.

#### C. Estudio con la sal de cobalto.

Se procedió a probar los mismos tres agentes reductores, sobre  $\text{CoCl}_2$  (Sigma-Aldrich), se procedió a probar tres niveles de concentración de los agentes reductores y la sal 0,0125, 0,0250, 0,0500 mol/l.

En el caso donde se formaron películas del metal fuertemente adheridas, se procedió a realizar una caracterización de superficie mediante microscopía de fuerza atómica con la técnica de no contacto a 0,65 Hz con una altura de cantilérver de 10 nm y un área  $100 \mu\text{m}^2$ , la resistencia eléctrica se midió con un multímetro Clamp meter.

#### D. Elaboración de celdas solares

Para comprobar las propiedades conductoras de las láminas de metal, se procedió a construir una celda solar básica. Se pulverizó  $\text{TiO}_2$  (anatasa 99 %) en un molino coloidal por 30 minutos, 10 g del material molido se suspenden en 50 mL de agua destilada y 5 ml de Tween 20 para estabilizar el sistema coloidal, se permite sedimentar por 30 minutos para eliminar el material grueso.

A continuación, se toma 3 ml de la suspensión y se esparcen por toda la lámina del portaobjetos, posteriormente se deja secar a  $40^\circ\text{C}$  por 24 horas.

Con las placas secas se procede a esparcir gotas de anaranjado de metilo para transportar electrones por el sistema de dobles enlaces conjugados y gotas de Lugol para transportar la carga entre las placas a través de sus iones.

## RESULTADOS

Los resultados experimentales muestran que el cobre puede reducirse con los agentes utilizados, sin embargo, la reducción llega  $\text{Cu}_2\text{O}$  con  $\text{N}_2\text{H}_4\text{HCl}$  y  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$  obtuvo cobre metálico, pero en tamaños de partículas muy grandes y fácilmente removibles del sustrato de vidrio, además estas se oxidan rápidamente en presencia del aire, por tal motivo, se llevaron a cabo ensayos en atmósfera inerte. Por otro lado, la reducción de níquel y cobalto obtuvo reducciones satisfactorias solo con  $\text{NaBH}_4$ , en la tabla 1 se resume los resultados obtenidos:

**Tabla. 1.** Resultados de ensayos preliminares para la deposición de capas finas.

Estudio de reducción del cobre		
Agente reductor	Sal	Resultado
NaBH <sub>4</sub>	CuSO <sub>4</sub>	Precipitado negro que no conduce la electricidad.
	[Cu (NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	
	CuY	
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ·HCl	CuSO <sub>4</sub>	Precipitado rojo ladrillo que no conduce la electricidad.
	[Cu (NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	No hay reacción.
	CuY	
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>	CuSO <sub>4</sub>	Se forma una fina película de cobre, débilmente adherida y que tiende a oxidarse en el medio de la reacción, en atmosfera inerte la reacción permite obtener una película de cobre gruesa.
	[Cu (NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	No hay reacción.
	CuY	
Estudio de reducción del níquel		
NaBH <sub>4</sub>	Ni (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Película de níquel de formación rápida y buena adherencia.
	NiCl <sub>2</sub>	Película de níquel de formación lenta y mala adherencia.
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ·HCl	Ni (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Precipitado morado.
	NiCl <sub>2</sub>	No hay reacción visible.
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>	Ni (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Precipitado turquesa.
	NiCl <sub>2</sub>	No hay reacción visible.
Estudio de reducción del cobalto		
NaBH <sub>4</sub>	CoCl <sub>2</sub>	Película de cobalto de formación muy rápida y buena adherencia.
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ·HCl		No hay reacción visible.
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>		No hay reacción visible.

Fuente: Elaboración propia.

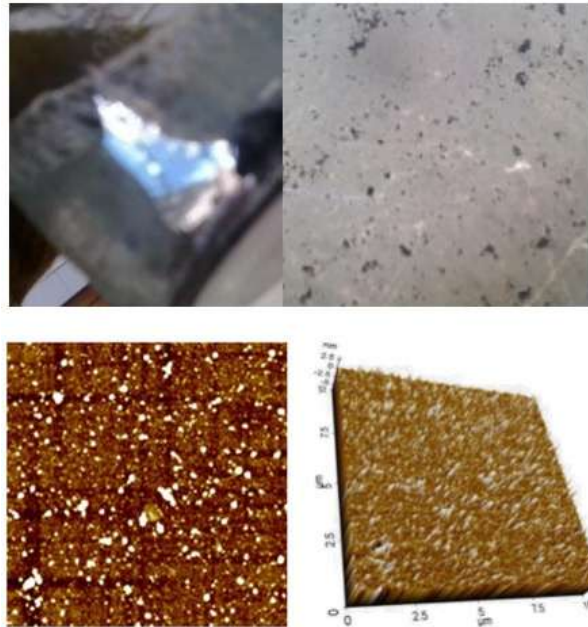
En el caso del cobre se obtuvo una lámina fina fácilmente desprendible, la misma se observó en un microscopio de inmersión de aceite con un aumento de 100 X, donde se puede observar estructuras y aglomerados muy grandes (fig. 4).



**Fig. 4.** (a) fotografía de películas de cobre sobre cristal como sustrato (b) fotografía con aumento de 100 X en microscopía de inmersión de aceite, se pueden observar estructuras depositadas sobre el cristal.

Fuente: Propia.

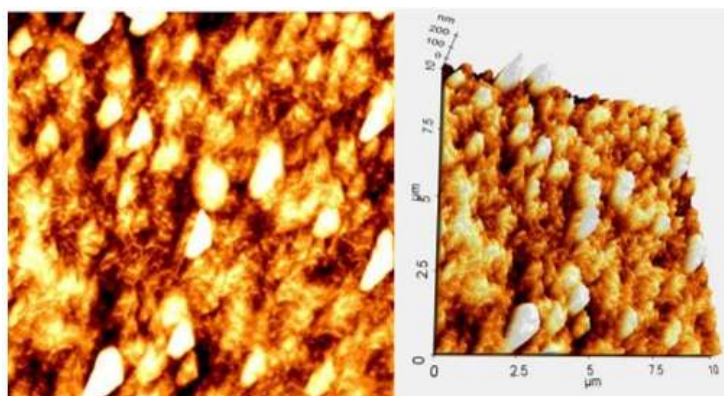
En el caso del níquel y el cobalto, las láminas son mucho más finas, bajo la microscopía de inmersión se puede observar una uniformidad de superficie, en la microscopía de fuerza atómica, se puede observar patrones rectangulares de 4 a 6,5  $\mu\text{m}^2$  de formación con algunas protuberancias de alturas de 2,5 nm, estos resultados concuerdan con la resistencia eléctrica medida sobre las láminas de níquel 629  $\Omega$  (Fig. 5).



**Fig. 5.** (a) fotografía de películas de níquel sobre cristal como sustrato (b) fotografía con aumento de 100 X en microscopía de inmersión de aceite, se pueden observar una película uniforme sobre el cristal (c) Imagen AMF de 100  $\mu\text{m}^2$  se pueden observar los patrones de cristalización (d) Ilustración 3D del área escaneada.

Fuente: Propia.

Para el caso del cobalto se realizó directamente las mediciones en el microscopio de fuerza atómica, donde se determinó una superficie mucho más irregular, posiblemente causada por la velocidad de la reacción de reducción y protuberancias de 200 nm, esto concuerda con las mediciones de resistencia eléctrica, las láminas de cobalto presentan una resistencia de 1020  $\Omega$  (Fig. 6).



**Fig. 6.** (a) Imagen AMF de 100  $\mu\text{m}^2$  se pueden observar una topografía muy irregular (b) Ilustración 3D del área escaneada.

Fuente: Propia.

Las concentraciones que depositaron mayor cantidad de Ni, Co, NaBH<sub>4</sub> fueron 0,0500 mol/l, sin embargo, es importante mencionar que concentraciones 0,0125 y 0,0250 mol/l permiten formar películas con más finas, en esta investigación se enfocó en estudiar las capas con mayor masa depositada.

El estudio en celdas solares permitió comprobar que las celdas producidas con películas de níquel generaron una diferencia de potencial de 1005 mV, por otro lado, las celdas de cobalto generaron 38,4 mV, esto es debido a que las películas de cobalto presentan mayor resistencia eléctrica y su topografía es mucho más irregular a escala nanométrica.

## CONCLUSIONES

1. La deposición química en solución acuosa es factible con materiales y reactivos relativamente económicos y funcionan como alternativa a tecnologías más costosas y permiten su estudio y aplicaciones a escalas de laboratorio, con el procedimiento presentado se logró producir recubrimientos de Ni y Co a partir de sus sales halogenadas y utilizando como agente reductor NaBH<sub>4</sub> en concentraciones 1 a 1 de ambos reactivos, las películas producidas permitieron fabricar celdas solares.

2. Uno de los beneficios de la deposición química en solución acuosa es que puede ser realizada con materiales y reactivos relativamente económicos, en comparación con otros métodos de deposición como el vacío o la deposición en fase vapor.

3. Además, los precursores utilizados en la deposición química en solución acuosa son a menudo menos tóxicos y más fáciles de manipular que los precursores utilizados en otros métodos de deposición, lo que hace que este proceso sea más seguro y fácil de implementar en una amplia gama de aplicaciones.

## REFERENCIAS

- [1] L. Espinoza y E. López, «Development of coatings of zirconia stabilized with Ytria by chemical deposition in plasma-assisted vapor phase for possible application in the molten salt nuclear reactor,» Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Facultad de Ingenieria Mecanica y Electrica, San Nicolas de los Garza, Nuevo Leon (Mexico), 2019.
- [2] C. Cohn, *Electronic Materials and Processes Handbook*. Allentown, Pennsylvania: McGraw-Hill.40,55, 2004.
- [3] F. F. Parada-Becerra, P. Tsygankov, V. Dugar-Zhabon, D. Y. Peña, J. Coronado, J. Gonzalez y E. D. V-Niño, «Morphologic evaluation of silicon surface modified with titanium and titanium+nitrogen,» *Acta Microscópica*, vol. 28, nº 2, 2019.
- [4] J. L. Yagüe-Marrón y S. Borrós-Gómez, «Development of a new chemical sensor based on plasma polymerized polypyrrole films,» *Universitat Ramon Llull, Barcelona, Cataluña*, 2010.
- [5] J. Marulanda, F. Pérez y A. Remolina, «Aluminum-Silicon Coatings Made by Chemical Vapor Deposition in Fluidized Bed on Stainless Steel AISI 316,» *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 22, nº 34, pp. 63-70, 2013.
- [6] O. Bilousov, J. J. Carvajal-Martí y M. Aguiló-Díaz, «Nanoporous GaN by Chemical Vapor Deposition: crystal growth, characterization and applications,» *Universitat Rovira i Virgili, Barcelona, Cataluña*, 2014.
- [7] L. Montero-Suárez y S. Borrós-Gómez, «Tailoring Surfaces to improve Biomaterials performance: piCVD & iCVD approaches,» *Universitat Ramon Llull, Barcelona-Cataluña*, 2012.



# Métodos estadísticos de machine learning aplicados en el estudio de la accesibilidad web: una revisión de la literatura

Zambrano Félix

<https://orcid.org/0000-0003-1383-658X>

[felix.zambrano@utm.edu.ec](mailto:felix.zambrano@utm.edu.ec)

Maestrante del Instituto Posgrado de la  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Muñoz Emanuel

<https://orcid.org/0000-0002-0997-0578>

[emanuel.munoz@utm.edu.ec](mailto:emanuel.munoz@utm.edu.ec)

Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (10/09/2022), Aceptado (06/04/2023)

**Resumen:** Una web accesible se refiere a que cualquier persona sobre todo las que tengan alguna discapacidad física puedan acceder al contenido del website sin problemas. El objetivo de esta investigación es el análisis mediante revisiones bibliográficas de los métodos de machine learning aplicados al estudio de la accesibilidad en los portales web de los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Además, se utilizó una metodología de revisión sistemática de literatura a más de veinte artículos científicos relacionados con palabras clave como: accesibilidad web, estadística, machine learning, entre otros. En los resultados obtenidos se destacan varias técnicas, sobre todo, las del aprendizaje no supervisado ya que se observó su utilidad en varias investigaciones, mejorando el análisis y comprensión de los datos. Esta investigación ha demostrado que se pueden hacer trabajos interesantes de accesibilidad web en las instituciones, teniendo en cuenta que estos estudios serían un aporte significativo para mejorar el acceso a los contenidos.

**Palabras clave:** Accesibilidad web, machine learning, aprendizaje no supervisado, estadística.

Statistical machine learning methods applied in the study of web accessibility: a literature review

**Abstract.** - Technological development in solid-state chemistry, nanotechnology, and new materials is advancing at an accelerated pace; studies of methods to generate thin films of conductive and semiconductor materials are of great interest; however, current methods tend to be very expensive and inaccessible to developing countries. This work seeks to present viable and economical alternatives for teaching laboratories to investigate chemical deposition processes in aqueous solutions and produce thin layers of materials of interest in solid-state chemistry and new materials. The metals studied were copper, cobalt and, nickel in different salts and reducing agents, hydrazine hydrochloride, phenylhydrazine and, sodium borohydride. The main results show that it is possible to use cheaper chemicals to study depositions in an aqueous solution, a viable alternative for laboratories.

**Keywords:** Web accessibility, machine learning, unsupervised learning, statistics.



## I. INTRODUCCIÓN

Vivimos en una época en donde la tecnología tiene una importancia vital y el concepto de accesibilidad debe de ir ligado a todo lo que se desarrolla en base a las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Con la creación del internet, también se desarrollaron los portales web con el objetivo de que las personas naveguen y se comuniquen. Esta tecnología ha evolucionado al punto de que hoy en día tener un sitio web es la presentación al mundo de una empresa o institución. Sin embargo, es importante destacar que no basta con tener una web atractiva, hay que diseñarla de forma que sea accesible al mayor número de personas posible, independientemente de su condición física, más aún si se trata de un portal en línea que pretende simplificar los trámites municipales que todo ciudadano debe de realizar, y estos sitios web en el caso de Ecuador, los tienen los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de mil millones de personas, es decir, casi el 15% de la población mundial, sufre algún tipo de discapacidad. El número de personas con discapacidad va en aumento, lo que se explica por la creciente prevalencia de dolencias crónicas y el envejecimiento de la población. En este sentido se han hecho muchas investigaciones acerca de la accesibilidad y en cada una de ellas se han implementado diversas técnicas estadísticas para recolectar, ordenar, clasificar y analizar los datos. Estos estudios se han realizado a diferentes tipos de portales web como por ejemplo a los del área de salud, en el área del sector turístico, en la educación y también se han hecho estudios a los websites de instituciones gubernamentales. Además, esta clase de investigación que se han realizado en el Ecuador en su gran mayoría por lo general están dirigidos a las instituciones de educación superior y hay muy poca información acerca de estudios realizados a instituciones públicas gubernamentales. Es por eso que el objetivo de esta revisión literaria es descubrir y entender como se ha llevado acabo otras investigaciones aplicadas a la accesibilidad y que métodos estadísticos relacionados a machine learning son las más adecuados para el tratamiento de los datos.

En este trabajo, la recolección de la información se realiza mediante los motores de búsqueda en bases de datos especializados en artículos científicos, se seleccionaron veinte documentos que aportan significativamente a este trabajo, estos pasaron por un proceso de revisión y análisis con el fin de que el contenido sea de calidad y tenga un gran aporte para el desarrollo de esta investigación.

## II. DESARROLLO

En esta sección abarcaremos los aspectos teóricos y conceptuales relacionados a la accesibilidad web y a los métodos de machine learning que se aplican a este tipo de estudio.

### A. Accesibilidad en sitios web

El significado de accesibilidad está relacionado con el concepto de diseño universal, ya que nos dice que el diseño accesible debe ser utilizado por la mayor cantidad de personas sin restricciones, independientemente de sus habilidades físicas o intelectuales, con el objetivo de facilitar a cualquiera el acceso al contenido de un documento electrónico, incluso al usuario que tenga una discapacidad física [1].

La accesibilidad tiene como finalidad permitir que muchos individuos usen los sitios web, independientemente de los conocimientos, las habilidades personales y las características técnicas del dispositivo, eliminando las barreras que no permite que los adultos mayores y las personas con discapacidad utilicen esta tecnología. De esta manera se puede afirmar que, utilizando correctamente los criterios de accesibilidad, un portal web se convierte en una herramienta muy útil porque facilita el acceso a la información a un mayor número de personas, especialmente aquellas que tienen alguna limitación física [2].

#### B. Estándares y normas de accesibilidad

Las normas más utilizadas por los investigadores cuando realizan este tipo de estudio son las sugeridas por la WAI (Web Accessibility Initiative), que es una rama de la W3C (World Wide Consortium) que se dedica a mejorar la accesibilidad de la web [3]. La WAI tiene una pauta de accesibilidad llamada WCAG 2.1 (Web Content Accessibility Guidelines, Pautas de Accesibilidad del Contenido Web), que nos da especificaciones de cómo debería ser el contenido que se publica en las páginas web como videos, textos, imágenes, enlaces, entre otros [4]. De tal manera, dentro de la WCAG 2.1 encontramos cuatro principios que se describen como: [5].

- **Perceptible:** El contenido como la información y componentes que conforman la interfaz de usuario se deben presentar a los usuarios de forma clara de modo que puedan percibirlos.
- **Operable:** Los componentes de la interfaz de usuario deben de ser operable.
- **Comprensible:** La información que contiene la página web y el manejo de la interfaz de usuario debe ser comprensible.
- **Robusto:** El contenido de la página web debe ser lo suficientemente estable y robusto para que se adapte y sea interpretado de forma confiable por diferentes agentes de usuarios, incluyendo las ayudas técnicas.

Cada principio está formado por pautas que son los que se deben de tomar en cuenta para que una página web sea accesible. Las pautas deben de estar dentro de los criterios de conformidad para comprobar si realmente se cumplen. En este sentido, los criterios de conformidad tienen tres niveles el A, AA, AAA, en donde el AA es el que más se debe de tener en cuenta ya que en este nivel se podrá alcanzar una accesibilidad importante dentro de los sitios web [6].

#### C. Métodos y técnicas estadísticas aplicados al estudio de la accesibilidad web

Los métodos y técnicas estadísticas que se aplican para el tratamiento y análisis de los datos cuando se trata de temas relacionados a la web son varios. Por ejemplo, en relación a la accesibilidad las técnicas utilizadas por los investigadores son el análisis factorial de componentes principales [7], las técnicas para medir la simetría de los datos, aplican la inferencia estadística, realizan pruebas de normalidad mostrándolos en un gráficos histogramas y diagramas de cajas [2].

Otros autores [8], utilizan una técnica de clasificación para determinar cuál es el nivel de accesibilidad. Sin embargo, otras investigaciones [9], aplican técnicas estadísticas univariadas, bivariadas y multivariadas como el análisis de componentes principales, de conglomerados y factoriales de correspondencias simples. También se han aplicado técnicas de machine learning para el análisis de la accesibilidad en las presentaciones [10], donde detallan un nuevo enfoque para valorar los documentos accesibles aplicando el aprendizaje automático con un modelo construido a partir de las características de la apariencia de una presentación.

#### D. Machine Learning (Aprendizaje automático)

El aprendizaje automático o machine learning nació en el campo de la inteligencia artificial, incluye un conjunto de métodos matemáticos y estadísticos, cuyas tareas están relacionadas con el reconocimiento, diagnóstico, predicción, entre otros. En este sentido, existen categorías de aprendizaje, de los cuales, los más utilizados para el estudio de la web son el supervisado y no supervisado. Algunas investigaciones [11], proponen un método de aprendizaje semisupervisado para evaluar la accesibilidad de todas las páginas de un sitio web. Otros métodos [11] son conocidos como predicción activa. Este procedimiento convierte la evaluación de la accesibilidad web en un modelo de aprendizaje activo para luego hacer predicciones, logrando alcanzar una alta precisión en las evaluaciones.

El aprendizaje supervisado permite deducir patrones e hipótesis a través de los datos que se suministran al modelo, lo cual lleva a predecir una instancia correspondiente a los datos de entrada. Además, dentro del aprendizaje supervisado se pueden aplicar varias técnicas como la de árbol de decisión [12], red bayesiana y máquina de vectores de apoyo (SVM) para poder clasificar cada uno de los conjuntos de datos de los sitios web etiquetados como accesibles y no accesibles. Sin embargo, los resultados con estas técnicas pueden ser prometedores, por lo que algunos autores sugieren una clasificación automatizada de las páginas web con respecto a la accesibilidad.

Así como hay estudios aplicando el aprendizaje supervisado también lo hay utilizando el aprendizaje no supervisado [13], donde se aplica la técnica de agrupamiento clúster a 21 portales web, con lo cual plantean una técnica estadística para extraer características de las URL de forma no supervisada. La finalidad es agrupar esas particularidades para construir patrones que representen los diferentes tipos de direcciones web de un sitio.

El aprendizaje no supervisado puede liberarnos de la necesidad de etiquetar los datos y también de aplicar características de ingeniería manualmente, gracias a los métodos flexibles, generales y automatizados del aprendizaje automático [14]. También podemos encontrar un diagrama de las técnicas utilizados en los aprendizajes no supervisados, en donde los investigadores dividen las técnicas en seis categorías principales: aprendizaje jerárquico, agrupación de datos, modelos de variables latentes, reducción de dimensionalidad y detección de valores atípicos.

A continuación, se analizan algunas técnicas del aprendizaje no supervisado que han sido aplicadas a estudios relacionados a portales web, cabe recalcar que solo se revisaron técnicas que aportaron un valor significativo para la accesibilidad web.

### Agrupación de datos (data clustering)

La agrupación en clústeres es un método de aprendizaje no supervisado que tiene como objetivo encontrar patrones ocultos en datos de entrada no etiquetados en forma de grupos, es decir, abarca la disposición de los datos en agrupaciones naturales significativas sobre la base de la similitud [14]. Las técnicas de agrupamiento y de clasificación son muy útiles en estos tipos de estudios porque se puede partir de unos pocos ejemplos de entrenamiento etiquetados automáticamente permitiendo captar características valiosas de los objetos de estudios [15].

Algunas investigaciones muestran que las metodologías generales permiten el agrupamiento basado en modelos, que además proporcionan un enfoque estadístico apoyados en los principios de la accesibilidad web, por lo tanto, este tipo de modelos puede ser útil para otros problemas en el análisis multivariante, en el análisis discriminante y la estimación de densidad multivariante [16]. También existen estudios enfocados en la agrupación basados en la estructura y el estilo del sitio web para el proceso de categorización, limpieza, detección de esquemas y extracciones automáticas de los datos [17]. En este sentido las técnicas de clustering aplican un enfoque de aprendizaje automático para agrupar según las barreras detectadas y seleccionando páginas representativas, se pueden obtener buenos resultados y así confirmar la validez de los niveles de accesibilidad de los portales estudiados [18].

### Reducción de dimensiones

La reducción de dimensionalidad de los datos es una tarea no supervisada, donde en lugar de elegir un subconjunto de características, crea nuevas características (dimensiones) como una función de todas las características. Es útil para modelado, compresión y visualización de datos [14].

Una de las técnicas utilizadas para la reducción de dimensiones es la del análisis factorial, aunque también forma parte de la categoría de modelos de variables latente. Es diferente de otros modelos de variables latentes en términos de la variación tolerada para diferentes dimensiones. En el modelo de análisis factorial, las variables latentes tienen covarianza diagonal en lugar de covarianza isotrópica. Además del análisis factorial también se puede aplicar la técnica del análisis de componentes principales (PCA). El PCA es una técnica estadística que utiliza la transformación ortogonal en los datos para convertir  $n$  número de variables posiblemente correlacionadas en menor número  $k$  de variables no correlacionadas denominadas componentes principales. Usando esta técnica, podemos reconocer las características más fuertes que tiene el conjunto de datos, lo que hace que los datos sean más fáciles para explorar y visualizar.

En esta revisión de la literatura se encontraron algunas investigaciones en donde se aplicaron las técnicas del análisis factorial y el análisis de componentes principales. Los investigadores al aplicar estos métodos pueden dividir las características de los sitios web en componentes considerándolos como subindicadores y con la rotación varimax se puede facilitar la explicación de los vínculos entre variables y componentes [7]. Incluso combinando las técnicas de clustering y el PCA se obtiene un modelo con valores relevantes para alcanzar los objetivos afines a la accesibilidad del contenido digital [19].

## E. Leyes de la Accesibilidad web en el Ecuador

En el Ecuador existe el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, que fue creado para establecer normas técnicas ecuatorianas para satisfacer los sectores productivos y servicios. El INEN en su Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN: RTE-288 en la resolución N° 16 008 por el Ministerio de Industria y Productividad "Accesibilidad para el contenido web", establece las normas técnicas para la web, que toda institución pública y privada que brinde algún servicio a través de la web debería cumplir [20]. Este Reglamento Técnico Ecuatoriano aplica para los contenidos publicados en los portales web tanto del sector público y privado que brinden servicios por este medio, garantizando el acceso a la información y comunicación de todas las personas con y sin discapacidad. En este sentido, se ha tomado como referencia la NTE INEN-ISO/IEC 40500, Tecnología de la información-Directrices de accesibilidad para el contenido web del W3C (WCAG 2.0). Los requisitos primordiales para que un sitio web sea accesible según el reglamento del INEN son los siguientes:

El contenido publicado y todo el sitio web, tiene que cumplir con las pautas y criterios de conformidad establecidos en la Norma NTE INEN-ISO/IEC 40500, vigente. Se pide que los sitios web cumplan por completo del nivel de conformidad AA, establecido en la Norma NTE INEN-ISO/IEC 40500, vigente.

### III. METODOLOGÍA

La búsqueda bibliográfica de los artículos citados en este documento se la realiza mediante los sitios web Google Scholar, Scielo, Research Gate, Science Direct, entre otros. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron "accesibilidad web", "clúster", "estadística", "aprendizaje automático", "machine learning", "aprendizaje no supervisado" entre otras.

Se encontraron más de cincuenta artículos que contenían una o más de las palabras clave, luego se escogieron los que aplicaban los métodos y técnicas del aprendizaje automático o machine learning para el tratamiento de los datos, de los cuales los seleccionados para este trabajo fueron revisados y analizados cuidadosamente, quedando finalmente veinte, desechando los otros ya que no se ajustaban a esta investigación. Además, también se considera la relevancia en los resultados obtenidos, las conclusiones y trabajos futuros.

### IV. RESULTADOS

La accesibilidad de los sitios web es cada vez más necesaria ya que aporta con herramientas de utilidad a una gran diversidad de personas, que deben incorporarse a las actividades online de diferente índole, de ahí que resulte de gran interés la gestión apropiada de sitios web accesibles.

Los modelos de aprendizajes automáticos basados en las técnicas de machine learning permiten enriquecer en gran medida el estudio de la accesibilidad de los contenidos en los portales web, sin embargo, hay que saber escoger cuál técnica o método aplicar y va a depender del objetivo que se quiera alcanzar y del tipo de datos que se recolecte de los objetos de análisis. Además, se debe tener en consideración las características que están normalizadas para que una web cumpla con los requisitos mínimos y sea de fácil acceso.

La diferencia más importante entre las técnicas del aprendizaje supervisado y el aprendizaje no supervisado es que el primero, necesita que los datos estén etiquetados, es decir que la información sea identificada o procesada previamente, pero en el caso del aprendizaje no supervisado no hace falta que los datos sean etiquetados, lo que significa que no es necesario procesarlos previos a la aplicación de la técnica.

La técnica de agrupamiento o clustering es una de las más utilizadas en las investigaciones de la accesibilidad web, porque facilita la clasificación de acuerdo a características relevantes que tienen los individuos de estudio. Además, si va acompañado con la aplicación de otra técnica como la del PCA que permite comprender cuáles son las variables más relevantes que influyen en el proceso de agrupación, se logra mejorar el desarrollo y la obtención de los resultados.

Otra de las técnicas que destaca en estos tipos de investigaciones es la de reducción de dimensiones que ayudan a entender cuál es la correlación de las variables de estudio y aplicando modelos basados en agentes inteligentes se logra comprender los niveles de accesibilidad establecidos en las normas estandarizadas. En este sentido, con las herramientas del aprendizaje no supervisado se pueden descubrir falencias que permitan proponer nuevos enfoques a favor de la accesibilidad web.

## CONCLUSIONES

Es bien sabido que los métodos estadísticos permiten el análisis de los datos de una manera muy eficiente y de la misma manera se puede observar en el análisis de las relaciones que tienen las variables de estudio. Es importante señalar que el investigador tiene la libertad de elegir las técnicas y métodos estadísticos que crea conveniente, pero esta elección es uno de los principales puntos que marcan la calidad de los resultados, es por eso, que conocer las ventajas, desventajas y escenarios de la aplicación de las técnicas es muy relevante en un proyecto de investigación.

Las técnicas o métodos de machine learning tienen una gran importancia en la aplicación cuando en la investigación hay que evaluar un gran número de variables. Las técnicas de clasificación, agrupamiento y reducción de dimensiones son las protagonistas si se aplican para el tratado de los datos y para la obtención de respuestas en lo que es accesibilidad web. Sin embargo, se debe tener presente que cuando se habla de la web tenemos que tener claro cuál es el tipo de contenido que se va a evaluar y dependiendo de eso aplicamos los métodos.

Aplicar las técnicas de agrupamiento como el PCA, k-means, agrupación jerárquica, las técnicas de clasificación o de reducción de dimensiones, facilitan el proceso de interpretar y mostrar los datos en gráficos minimizando la incertidumbre para determinar conclusiones. En este sentido, cuando se estudia la accesibilidad web se maneja un conjunto amplio de variables que al utilizar cualquier técnica o métodos de machine learning, los resultados se convierten en parte primordial teniendo incidencia en la efectividad del análisis.

Los modelos de aprendizajes automáticos basados en las técnicas de machine learning son usados por los investigadores después de tratar los datos, por lo general con alguna técnica de análisis factorial o de reducción de dimensiones que forman parte del aprendizaje no supervisado. Luego de ese procedimiento se crea un modelo para lograr predecir los niveles de accesibilidad que tienen los portales web y de esta manera estos métodos permiten que al estudiar la accesibilidad sea mucho más fácil comprender los lineamientos de las normas aplicadas al contenido web.

Es bien sabido que los métodos estadísticos permiten el análisis de los datos de una manera muy eficiente y de la misma manera se puede observar en el análisis de las relaciones que tienen las variables de estudio. Es importante señalar que el investigador tiene la libertad de elegir las técnicas y métodos estadísticos que crea conveniente, pero esta elección es uno de los principales puntos que marcan la calidad de los resultados, es por eso, que conocer las ventajas, desventajas y escenarios de la aplicación de las técnicas es muy relevante en un proyecto de investigación.

Las técnicas o métodos de machine learning tienen una gran importancia en la aplicación cuando en la investigación hay que evaluar un gran número de variables. Las técnicas de clasificación, agrupamiento y reducción de dimensiones son las protagonistas si se aplican para el tratado de los datos y para la obtención de respuestas en lo que es accesibilidad web. Sin embargo, se debe de tener presente que cuando se habla de la web tenemos que tener claro cuál es el tipo de contenido que se va a evaluar y dependiendo de eso aplicamos los métodos.

Aplicar las técnicas de agrupamiento como el PCA, k-means, agrupación jerárquica, las técnicas de clasificación o de reducción de dimensiones, facilitan el proceso de interpretar y mostrar los datos en gráficos minimizando la incertidumbre para determinar conclusiones. En este sentido, cuando se estudia la accesibilidad web se maneja un conjunto amplio de variables que al utilizar cualquier técnica o métodos de machine learning, los resultados se convierten en parte primordial teniendo incidencia en la efectividad del análisis.

Los modelos de aprendizajes automáticos basados en las técnicas de machine learning son usados por los investigadores después de tratar los datos, por lo general con alguna técnica de análisis factorial o de reducción de dimensiones que forman parte del aprendizaje no supervisado. Luego de ese procedimiento se crea un modelo para lograr predecir los niveles de accesibilidad que tienen los portales web y de esta manera estos métodos permiten que al estudiar la accesibilidad sea mucho más fácil comprender los lineamientos de las normas aplicadas al contenido web.

## REFERENCIAS

- [1] M. Campoverde-Molina, S. Luján-Mora, and L. Valverde, "Análisis de accesibilidad web de las universidades y escuelas politécnicas del Ecuador aplicando la norma NTE INEN ISO/IEC 40500:2012," pp. 53-68, 2019.
- [2] A. Ismail and K. S. Kuppusamy, "Web accessibility investigation and identification of major issues of higher education websites with statistical measures: A case study of college websites," J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci., vol. 34, no. 3, pp. 901-911, 2022.  
doi: 10.1016/j.jksuci.2019.03.011.
- [3] The World Wide Web Consortium, "Home | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C." <https://www.w3.org/WAI/> (accessed jul. 31, 2022).
- [4] D. Naranjo-Villota, J. Guña-Moya, P. Acosta-Vargas, and V. Muirragui-Irrazábal, "Evaluación de la accesibilidad web en institutos acreditados de educación superior del Ecuador," Rev. Espac., vol. 41, no. 4, p. 5, 2020, [Online]. Available: <http://revistaespacios.com/a20v41n04/20410405.html>
- [5] T. Acosta, P. Acosta-Vargas, J. Zambrano-Miranda, and S. Lujan-Mora, "Web Accessibility Evaluation of Videos Published on YouTube by Worldwide Top-Ranking Universities," IEEE Access, vol. 8, pp. 110994-111011, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3002175.



- [6] N. K. Esparza Cruz, Z. Merino Acosta, and H. Guerrero Torres, "Accesibilidad Web en las Instituciones de Educación Superior del Ecuador: Año 2016," *J. Sci. Res. Rev. Cienc. e Investig.*, vol. 1, no. CITT2016, pp. 44–48, 2016, doi: 10.26910/issn.2528-8083vol1isscitt2016.2016pp44-48.
- [7] Ó. R. G. López, T. M. B. Palacios, and M. B. Mateos, "El índice cuantitativo de calidad web como instrumento objetivo de medición de la calidad de sitios web corporativos," *Investig. Eur. Dir. y Econ. la Empresa.*, vol. 19, no. 1, pp. 16–30, 2013, doi: 10.1016/j.iedee.2012.07.004.
- [8] Y. S. Rodríguez, E. Á. Calderón, L. B. Pérez, and C. A. S. Anlas, "State of web accessibility of e-government portals in Latin America," *Bibl. An. Investig.*, vol. 16, no. 1, pp. 7–22, 2020.
- [9] L. Olsina and M. Bérnabe, "Técnicas Estadísticas para el Análisis de la Calidad de Sitios Web," no. July, 2019.
- [10] D. Sato, H. Takagi, and C. Asakawa, "Accessibility evaluation based on machine learning technique," *Eighth Int. ACM SIGACCESS Conf. Comput. Access. ASSETS 2006*, vol. 2006, pp. 253–254, 2006, doi: 10.1145/1168987.1169041.
- [11] M. Zhang, C. Wang, Z. Yu, C. Shen, and J. Bu, "Active learning for web accessibility evaluation," *Proc. 14th Web All Conf. W4A 2017*, 2017, doi: 10.1145/3058555.3058559.
- [12] S. Bahram, D. Sen, and R. S. Amant, "Prediction of Web page accessibility based on structural and textual features," *W4A 2011 - Int. Cross-Disciplinary Conf. Web Access.*, pp. 5–8, 2011, doi: 10.1145/1969289.1969329.
- [13] I. Hernández, C. R. Rivero, D. Ruiz, and R. Corchuelo, "A statistical approach to URL-based web page clustering," *WWW'12 - Proc. 21st Annu. Conf. World Wide Web Companion*, pp. 525–526, 2012, doi: 10.1145/2187980.2188109.
- [14] M. Usama et al., "Unsupervised Machine Learning for Networking: Techniques, Applications and Research Challenges," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 65579–65615, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2916648.
- [15] J. P. Bigham, "Increasing web accessibility by automatically judging alternative text quality," *Int. Conf. Intell. User Interfaces, Proc. IUI*, pp. 349–352, 2007, doi: 10.1145/1216295.1216364.
- [16] P. Taylor, C. Fraley, and A. E. Raftery, "Journal of the American Statistical Association and Density Estimation Model-Based Clustering, Discriminant Analysis, and Density Estimation," no. May, pp. 37–41, 2012.
- [17] T. Gowda and C. Mattmann, "Clustering web pages based on structure and style similarity," *Proc. - 2016 IEEE 17th Int. Conf. Inf. Reuse Integr. IRI 2016*, pp. 175–180, 2016, doi: 10.1109/IRI.2016.30.
- [18] J. Mucha, M. Snaprud, and A. Nietzio, "Web page clustering for more efficient website accessibility evaluations," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9758, pp. 259–266, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-41264-1\_35.
- [19] M. D. Olvera Lobo, M. Aguilar Soto, and E. Ruíz de Osma, "Evaluación de sitios web de postgrados biomédicos en España Evaluation of websites for biomedical," vol. 24, no. 1, pp. 47–60, 2012.
- [20] Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), "Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 288 'Accesibilidad para el Contenido Web,'" pp. 1–6, 2016, [Online]. Available: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/RTE-288.pdf>.

# Análisis de la merma del banano a partir del software Agrosft

Yuliana Guadalupe Reina Gomez  
<https://orcid.org/0000-0001-6213-7887>  
yreina4436@utm.edu.ec  
yuliana.reina@fincabene.com  
Fincabene S.A  
Universidad Técnica de Manabí  
Baba-Los Ríos-Ecuador

Ana Ides Chacón Contreras  
<https://orcid.org/0000-0003-3382-5407>  
ana.chacon@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Manabí-Ecuador

Jorge Eric Aguilar Dueñas  
<https://orcid.org/0000-0002-7352-1072>  
jorge.aguilar@fincabene.com  
jorgeaguilar8@hotmail.com  
Fincabene S.A  
Baba- Los Ríos -Ecuador

Recibido (20/12/2022), Aceptado (18/04/2023)

**Resumen:** Los plátanos y bananos son plantas monocotiledóneas que pertenecen a la familia Musaceae; orden Zingiberales. El objetivo de esta investigación fue analizar los datos obtenidos en el software Agrosft, para evaluar el proceso de producción de cajas de banano en el periodo de agosto a diciembre de 2022, específicamente en la Hacienda Delia Francia. La muestra de estudio fueron los racimos enfundados de la semana 30 a la semana 40 y los que se cosechan en la semana 42 hasta la 52 el año 2022. La metodología planteada consistió en reducir los tiempos de calibración, obteniendo como resultados principales que una reducción del tiempo implica una reducción del peso, lo cual no es conveniente para cumplir con las exigencias del mercado internacional.

**Palabras clave:** Merma de banano, bananeras, desmane de racimos de banano, ratio de banano.

Analysis of banana shrinkage from Agrosft software

**Abstract.-** Bananas and bananas are monocotyledonous plants belonging to the Musaceae family, order Zingiberales. This research aimed to analyze the data obtained in the Agrosft software to evaluate the production process of banana boxes from August to December 2022, specifically in the Hacienda Delia Francia. The study sample was the sheathed bunches from week 30 to week 40 and those harvested from week 42 to week 52 in 2022. The proposed methodology consisted of reducing calibration times, obtaining as the main result that a reduction in time implies a decrease in weight, which is not convenient to meet the demands of the international market.

**Keywords:** Banana loss, fieldwork in banana plantations, excess of banana bunches, banana ratio.



## I. INTRODUCCIÓN

El plátano es de origen sudoeste asiático, y es en el siglo XV cuando llega a las Islas Canarias para posteriormente con la conquista de los españoles en 1516 llegaría a América, fue en Brasil donde esta planta recibiría el nombre de banano o banano por primera vez, y que muy pronto, se extendería por todo el mundo. Comercialmente empezó a cultivarse para finales del siglo XIX. En las regiones tropicales como lo son Centroamérica y Sudamérica es donde el banano macho y el bananito son determinantes en la alimentación de estas regiones. Los países que producen más banano al año son República Democrática del Congo, Camerún, Ghana y Colombia.

El banano es una de las frutas tropicales que constituye un crecimiento económico ya que su demanda y producción son grandes alcanzando cifras elevadas que solo en el 2019 fueron de 21 millones de toneladas [1]. Particularmente el banano ecuatoriano permitió que los pobladores introdujeran la siembra de las especies endémicas, la utilización de agroquímicos y su manipulación desmedida para alcanzar los estándares de producción, ocasionando daños y contaminación [2].

La merma del banano se refiere a la cantidad de fruta que se pierde durante el proceso de producción y comercialización del banano. La merma puede ser causada por una variedad de factores, como el manejo inadecuado de la fruta, el daño físico durante el transporte, el almacenamiento inapropiado o las condiciones ambientales desfavorables. Además, la merma del banano también puede ser causada por enfermedades y plagas que afectan a los bananos. Por ejemplo, el mal de Panamá es una enfermedad causada por un hongo que puede afectar a las raíces de los bananos y causar una disminución en la producción.

Es importante minimizar la merma del banano para reducir los costos y aumentar la rentabilidad del cultivo. Esto se puede lograr mediante prácticas adecuadas de manejo post-cosecha, como la cosecha en el momento adecuado, el control de la temperatura y la humedad durante el transporte y el almacenamiento, y la implementación de medidas de control de enfermedades y plagas. Además, la selección de variedades resistentes a enfermedades y plagas también puede ayudar a reducir la merma del banano. También se pueden utilizar técnicas de producción más eficientes y sostenibles para mejorar la calidad y la cantidad de la producción de bananos.

Es de gran importancia realizar estudios sobre la merma del banano ya que permite establecer comparaciones sobre las frutas que no son aptas para exportar y que no cumplen con los estándares y requisitos para su venta con aquellas que si entran en los productos que son exportables, influyendo directamente en niveles económicos del espacio en estudio (Hacienda Delia Francia), para este tipo de investigación es importante conocer los valores del inventario inicial y el inventario final donde se puede demostrar la merma de un producto que son considerados desechos y que no poseen valor alguno.

En este trabajo se ha analizado la merma de banano desde los datos arrojados por el software Agrosft utilizado en la hacienda Delia Francia, ubicada en Manabí, Ecuador. Esta hacienda está ubicada en la costa ecuatoriana, donde las temperaturas oscilan entre 23 y 26 grados con altos niveles de humedad, pero sin ser demasiado, entre 58% y 66%. Lo que hace que sea un clima idóneo para la cosecha de banano.

## II. DESARROLLO

### A. La planta de banano

El árbol de banano es una hierba muy alta que posee un tronco que no tiene nada que ver con la madera (Figura 1), es considerado una hierba porque sus partes mueren al caer al suelo cuando termina el tiempo de cultivo.

#### Morfología de la planta de banano

1. Sistema radicular: se encarga de absorber el agua y conducir los nutrientes del suelo a la planta.
2. Rizoma: el tallo del banano esta de manera subterránea, el cual es conocido como cormo, pero botánicamente correcto el nombre es rizoma.
3. Seudotallo: son plantas foliares que se asemejan a un tallo, es fuerte por lo que puede soportar un racimo sin dificultad.
4. Hoja: es el principal órgano de la planta. Cada hoja emerge delseudotallo.
5. Hoja cigarro: es la nueva hoja que nace en forma enrollada como cilindro, es blanquecina y frágil, a medida que apertura va adquiriendo firmeza y su color verde característico.
6. Hijo: es un brote lateral que se desarrolla desde el rizoma que generalmente surge muy cercano a la planta madre.
7. Inflorescencia: es una estructura que contiene las flores que se desarrollarán en frutos. se apoya en el tallo real de la planta, donde este crece a través delseudotallo.
8. Pedúnculo: es el tallo que soporta a la inflorescencia y la fija al rizoma.
9. El racimo: es el conjunto de frutos de la planta.
10. Raquis: es el tallo de la inflorescencia, que va desde el primer fruto hasta yema masculina.
11. Yema masculina: contiene las flores encerradas en las brácteas, a medida que los frutos maduran, el raquis y la yema masculina continúan creciendo.

La planta del banano es una planta perenne que pertenece a la familia de las Musáceas y es originaria de Asia tropical. Es una planta herbácea que no tiene un tronco leñoso, sino que su tallo es un pseudotallo que está formado por hojas sobrepuestas. Cada planta de banano produce una sola inflorescencia que contiene múltiples frutos. Los frutos del banano son alargados y curvos, y están cubiertos por una piel gruesa de color amarillo, rojo o verde, dependiendo de la variedad. El interior del fruto contiene pulpa blanca y suave con pequeñas semillas.

El banano es una planta que requiere de un clima cálido y húmedo para crecer adecuadamente. Prefiere suelos ricos en nutrientes y bien drenados. Se reproduce por medio de rizomas o hijuelos que crecen en la base de la planta madre, los cuales se pueden separar y replantar para obtener nuevas plantas.

El banano es una de las frutas más populares y consumidas en todo el mundo, debido a su sabor dulce, su textura suave y su versatilidad en la cocina. Además, es una fuente importante de nutrientes, como la vitamina C, la vitamina B6, el potasio y la fibra.



**Fig. 1.** Planta del banano y sus partes [1].

#### Reproducción y variedades del banano

1. Bananos silvestres: este tipo de banano son polinizados por murciélagos, sin embargo, la mayoría de las variedades que son comestibles y no necesitan ser polinizadas por animales, se propagan por brotes que provienen del tallo. La planta puede dar fruto a partir del tercer año luego de su plantación donde influye mucho el clima y suelo donde se encuentre.
2. Bananos comerciales: son cultivados y algunas de las variedades más comerciales son los Ducase, Blue Java, Misi Luki, entre otros. Existen muchísimas especies de banano, pero solo algunos se comercializan.

#### B. Usos del banano y su valor nutricional

El fruto del banano es de color blanco, amarillo claro o ligeramente rosado, su sabor es dulce, contiene 23 % de carbohidratos, 1% de proteínas y 0,5 % de grasas sin colesterol. Entre sus valores nutricionales incluye vitamina B, riboflavina, ácido fólico, vitamina A, manganeso, magnesio y potasio que es importante para controlar los ritmos cardíacos y regular el nivel de agua en el cuerpo, así también, la fibra que contiene esta fruta es útil para aliviar el estreñimiento, la acidez estomacal.

#### C. Importancia social del banano

El banano es conocido mundialmente y se cultiva en más de 30 países en su gran mayoría ubicados en zonas intertropicales. Donde existen terrenos fértiles y la inversión de suficiente mano de obra para su cultivo, trayendo un importante crecimiento económico por la generación de empleo que ocasiona en las zonas donde se siembra, ya que cada actividad o labor tiene muchas veces varias etapas [3]. Actualmente la exportación bananera representa el 2% del PIB general y el 35% del PBI agrícola. Los procesos actuales de exportación de esta fruta generan trabajo para más de un millón de familias ecuatorianas. Son nueve las provincias que dependen de la industria bananera. [4]

#### D. El banano y su aporte económico

Actualmente el banano es el producto con mayor aporte económico en el Ecuador, seguido del café y el cacao, ocupando el segundo lugar después del petróleo como el recurso de ingreso para la economía del país [5]. En el año 2020 el sector bananero en Ecuador se alcanzaron cifras extraordinarias, tanto en volumen (380 millones de cajas) como en divisas (3.668 millones de dólares) ya para el año 2021 la venta del banano disminuyó considerablemente. Según los estudios realizados por ACORBAEC (Asociación de Comercialización y Exportación de Banano) la caída en las exportaciones de esta fruta en el Ecuador se debe a una reducción de la demanda internacional. Donde países como Argelia, Irán y otros del Medio Oriente las licencias de importación han sido restringidas, así como el control de salida de divisas. Para el año 2022 Ecuador aun cuando es el mayor exportador de banano a nivel mundial, debido a la guerra entre Ucrania y Rusia, huelgas que se efectuaron a mediados de año en las zonas de producción junto con la inflación han sido determinante para la disminución de millones de cajas en diferentes periodos. [6]

#### E. Factores que influyen en la merma del banano

Los productores de banano deben cumplir con ciertos requisitos y estándares de producción para la generación de un producto exportable, de alta calidad. Para ello, es necesario la disminución de la merma, así también las exigencias con el personal que manipula directamente la fruta desde el corte hasta la elaboración de las cajas donde éstas deben cumplir con las normas de calidad para la exportación. En este proceso, se observan problemas que hacen que la merma aumente, como lo es, estropeo de campo, coello roto y desmane quedando de esta manera fruta rechazada que incide en la disminución entre el peso de la fruta cosechada y la fruta exportada. [7] La selección de la fruta es una labor que consiste en disminuir y eliminar los defectos encontrados de acuerdo con las especificaciones requeridas.

#### F. Algunos de los factores que toman en consideración son:

- a. Defectos del campo: en muchos bananos que no son exportables se presentan lesiones acuosas y superficial que afecta la cáscara sin comprometer la pulpa. Raspaduras, rayones, daños físicos que son causados durante la cosecha en su proceso de selección, así como golpes y fricciones movimientos bruscos que son causados por el operario al momento de manipular.
- b. Cicatriz de empaque: en este caso, se presenta una lesión acuosa que, si compromete a la pulpa, producida por daños físicos causados durante el empaque de la fruta.
- c. Cicatriz de fricción: este daño de la fruta se produce con el cartón o con otros materiales. Roces y fricciones producidas por el cartón al momento del empaque, por inadecuada transportación o al momento de introducir la fruta en los cartones.

De igual manera, toda fruta que tenga marcas de látex que evidencien maltrato, son consideradas como no exportables. Algunas de estas marcas son producidas al momento del corte del racimo que no se realiza la protección del vástago. Algunos defectos en los bananos que incrementan las mermas y dificultan su exportación, son los producidos por los animales e insectos. La cochinilla es una plaga que se adapta a varios cultivos, en especial a cítricos, es endémica y su daño puede ser considerable. También, la Thrips es una mancha roja que se presenta en la fruta producida por un insecto picador y masticador que se alimenta de los bananos más tiernos y afecta la superficie de la fruta.

Por otra parte, algunos defectos que se presentan en los bananos no exportables pueden ser generados directamente desde las labores agrícolas, donde los bananos son cortados ya pasados de edad, plantas caídas que son generadas por malas condiciones climáticas, poca radiación solar, entre otros. Algunos bananos, no cumplen con el tamaño establecido en los estándares de exportación. Muchas veces producidas por dificultades nutricionales y fisiológicas del cultivo [8]. Por todo lo anterior mencionado, son parte de las mermas que hacen que los bananos no cumplan con los requisitos de exportación, es por ello, el motivo de esta investigación es el análisis en la Hacienda Delia Francia, donde, estos factores se presentan y por medio de la observación directa se pudo llegar a hipótesis significativas para la disminución de la merma en los cultivos de bananos.

#### G. Componentes importantes para la mejora de la producción de banano

a. Sistemas de riego: el agua es fundamental para la planta de banano, por lo que debe tener un sistema de riego de acuerdo con las condiciones del suelo, donde se deben aplicar sistemas de riegos especializados para la retención de humedad [9].

b. Construcción de clave vía: para disminuir los daños ocasionados al momento del corte del racimo, es importante construir un sistema de traslado del racimo.

c. Infraestructura: el proceso de empaque de los bananos es fundamental para la disminución de la merma por defectos, se debe contar con una infraestructura debidamente equipada con las necesidades del proceso.

d. Manejo del cultivo: contar con personal capacitado con experiencia en el desarrollo de la plantación.

e. Control de maleza: es de suma importancia, el mantenimiento del área donde se encuentran las plantaciones de banano, de esta manera se disminuye las enfermedades e insectos [10].

f. Regulación de la población: se debe mantener una buena densidad de hojas que permita el paso de la luz solar y evitar el roce de las hojas con los racimos.

g. Deshoje: consiste en la eliminación de las hojas secas y en mal estado, que permita la entrada de la luz solar y el viento, evitando el ataque de las plagas [11].

h. Enfunde: este proceso de enfunde del racimo es muy ventajoso porque combate las plagas, pájaros, insectos, roedores, además, protege contra las condiciones climáticas.

i. Fertilización: las plantaciones de banano extraen suficientes nutrientes del suelo que son importantes para la fisiología de la planta, es importante hacer un análisis de los suelos para evitar errores de dosificación que puedan generar residuos no deseados [12].

### III. METODOLOGÍA

Esta investigación se basa en un diseño descriptivo experimental, donde el investigador analiza los procesos a través de la observación específicamente en la hacienda Delia Francia, lugar de estudio de esta investigación, es por ello por lo que también es observacional ya que se analizan los datos de la merma de banano en el periodo en estudio (de agosto a diciembre de 2022) y a su vez, es transversal por ser un tiempo determinado de análisis. La población de muestra fueron los racimos enfundados de la semana 30 a la semana 40 que se cosechan de la semana 42 a la 52 del año 2022.

El trabajo consistió en medir los aspectos que corresponden a las características del banano para exportación, que es conocido como calibración. Estas variables incluyen la longitud, el peso y el grosor. Se espera que el tamaño mínimo sea de ocho pulgadas. También se midieron las plantillas R0 y R1, que corresponden a madre e hijo, para asegurar que el racimo esté óptimo.

El experimento de este trabajo consistió en reducir el tiempo de preparación del racimo, para que optimizar los tiempos de entrega, con el fin de que no haya retrasos en el cumplimiento con los clientes. Se procedió a hacer una falsa +2 y una falsa +3 en las manos de banano, con el fin de mejorar los tiempos en la calibración.

Para analizar la merma en el proceso de producción de banano, se consideraron los siguientes valores:

- **Peso de la fruta:** Se puede medir el peso de la fruta antes y después del proceso de producción para identificar la cantidad de masa perdida.
- **Tamaño de la fruta:** El tamaño de la fruta también puede ser medido antes y después del proceso para identificar la cantidad de masa perdida.
- **Calidad de la fruta:** Se puede evaluar la calidad de la fruta antes y después del proceso para identificar si la merma es causada por la pérdida de calidad.
- **Cantidad de frutas desechadas:** Se puede medir la cantidad de frutas que son desechadas durante el proceso de producción, lo que puede indicar una alta tasa de merma.
- **Costo de producción:** Se puede comparar el costo de producción antes y después del proceso de producción para identificar el impacto de la merma en los costos de producción.
- **Tiempo de producción:** Se puede evaluar el tiempo que toma el proceso de producción antes y después de la reducción de la merma, para medir la eficiencia del proceso.

#### **IV. RESULTADOS**

Se realizaron las mediciones necesarias para la calibración de la fruta del banano, y se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Se analizaron un promedio de 7,28 manos de banano, obteniendo una calibración promedio de 41,12. El promedio de largo de dedo fue de 26,73 pulgadas, mientras que el peso tuvo un promedio de 28,9 kilogramos.
2. Es importante una reducción de merma del banano para asegurar un producto de importación adecuado. Sin embargo, los controles y rigores para el cultivo y procesado de este, pueden consumir grandes cantidades de tiempo.
3. El experimento realizado, permitió simplificar el proceso, pero reduce el peso en un kilo, lo cual no resulta conveniente en los meses de alta producción.
4. El tiempo de calibración solo puede reducirse si se sacrifica un kilogramo de peso, esto por razones propias de la planta. Sin embargo, en los meses de verano, esta opción es importante para optimizar los tiempos.
5. El sistema computarizado Agrosft de la empresa de estudio, permitió analizar los principales datos de la planta. Esta información facilita la creación de una metodología preventiva de producción de merma, además de conocer los factores que influyen en la producción de esta.



## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos pudieron constatar que la merma de banano se puede controlar con las debidas precauciones y análisis de los procesos. Es importante recalcar que los métodos de enfunde y desmane realizados a tiempo disminuyen los errores que pueden causar pérdidas económicas diarias que luego si no se toman las correcciones y medidas pudieran representar mensualmente caídas en la economía de la hacienda que repercutiría en la calidad de exportación de la fruta, también es importante mantener el control de plagas y maleza para que el banano pueda crecer sano disminuyendo los porcentajes de merma periódicamente.

La magnitud del problema de la producción de merma de banano, es relevante por la cantidad de fruta que se pierde o se desperdicia durante el proceso de producción y cómo esto afecta a la rentabilidad de la producción de banano. En este sentido, resulta de gran importancia realizar estudios periódicos para reducir la producción de merma.

Entre las principales soluciones utilizadas para reducir la merma, se encuentran la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas, mejoras en el manejo de la cosecha, el almacenamiento y transporte adecuado de la fruta, la mejora de las prácticas de gestión de producción, y la diversificación de los mercados y la demanda de la fruta.

## REFERENCIAS

- [1] D. Apolo, V. Harry y H. Carvajal , «Análisis de la producción bananera pre y pos pandemia de la Asociación ASOCOBAORO periodo 2019-2020,» Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, vol. 4, nº 2, 2021.
- [2] J. Zhiminaicela , J. Quevedo y R. Garcia, «La producción de banano en la provincia del Oro y su impacto en la biodiversidad,» Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 2020.
- [3] C. Vera, «www.utb.edu.ec,» 2022. [En línea]. Available: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13263>.
- [4] K. Bastidas y K. Carrera, «www.utc.edu.ec,» 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8654/1/UTC-PIM-%20000484.pdf>.
- [5] D. Mata, J. Suatunce y R. Poveda, «Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia Los Ríos, Ecuador,» Avances, vol. 23, nº 4, 2021.
- [6] L. Acaro , A. Cordova , A. Vega y T. Sanchez, «Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011 - 2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo,» Revista Multidisciplinar de Innovación y Estudios Aplicados, 2023.
- [7] A. Meza , «www..utb.edu.ec,» 2022. [En línea]. Available: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13362>.
- [8] A. Meza, «www.utb.edu.ec/,» 2022. [En línea]. Available: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13362>.
- [9] G. Cedeño García, A. Guzman, H. Zambrano , L. Vera y C. Valdivieso , «Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfo-fenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano,» Scientia Agropecuaria, vol. 11, nº 4, 2020.
- [10] I. Quintero-Pertuz, E. Carbonó-Delahoz, V. Hoyos, A. Jarma-Orozco y G. Plaza , «Fitosociología de malezas en plantaciones bananeras en el departamento del Magdalena, Colombia,» Caldasia, vol. 43, nº 1, 2021.
- [11] S. Gomez, «www.unimagdalena.edu.com,» 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/7060>.
- [12] S. Barrezueta-Unda, A. Condoy y S. Sanchez, «Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (Musa AAA) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional,» Enfoque UTE, vol. 13, nº 3, 2022.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.130>

# Diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados: enfoque bioclimático y sostenibilidad

Wilman Alexis Benavides Santacruz  
<https://orcid.org/0009-0006-6667-6718>  
wilman.benavides@ikiam.edu.ec  
Universidad Regional Amazónica IKIAM  
El Tena-Ecuador

José Miguel Carranco Muñoz  
<https://orcid.org/0000-0002-9886-4397>  
jose.carranco@ikiam.edu.ec  
Universidad Regional Amazónica IKIAM  
El Tena-Ecuador

Recibido (23/07/2022), Aceptado (01/09/2023)

**Resumen:** Se presenta una investigación que permitirá explorar cómo el diseño y la construcción de edificios de energía casi nula se pueden abordar desde una perspectiva bioclimática, teniendo en cuenta factores como la orientación, la ventilación natural, el uso de materiales sostenibles y estrategias de eficiencia energética. Se presentan algunos casos de estudio en diferentes climas y regiones para comprender cómo se adaptan los principios bioclimáticos a diversas condiciones ambientales y geográficas. La metodología es documental y se enfoca en la revisión de artículos publicados en revistas de base de datos Scopus principalmente, de años recientes. Los principales resultados muestran que las construcciones sostenibles son necesarias para la conservación del ambiente, pero además favorecen la vida humana y la reutilización de materia prima biodegradable.

**Palabras clave:** arquitectura, enfoque bioclimático, sostenibilidad, ambiente.

Design and Construction of Energy Saving Buildings in Varied Climates:  
Bioclimatic Approach and Sustainability

**Abstract.-** A research is presented that will explore how the design and construction of nearly zero energy buildings can be addressed from a bioclimatic perspective, considering factors such as orientation, natural ventilation, the use of sustainable materials and energy efficiency strategies. Some case studies in different climates and regions are presented to understand how bioclimatic principles adapt to various environmental and geographical conditions. The methodology is documentary and focuses on the review of articles published in Scopus database journals mainly from recent years. The main results show that sustainable constructions are necessary for the conservation of the environment, but also favor human life and the reuse of biodegradable raw material.

**Keywords:** architecture, bioclimatic approach, sustainability, environment.

## I. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales y la urgente necesidad de reducir nuestra huella de carbono, la arquitectura y la construcción sostenible se han convertido en imperativos globales. Uno de los enfoques más prometedores en este campo es la integración de estrategias bioclimáticas en el diseño y construcción de edificios, un enfoque que busca aprovechar las condiciones climáticas locales para lograr eficiencia energética y sostenibilidad[1].

El diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados es un campo en constante evolución que desafía a los arquitectos e ingenieros a adaptar sus enfoques a una amplia gama de condiciones climáticas, desde los intensos veranos de los trópicos hasta los inviernos rigurosos de las regiones subárticas. En este contexto, la aplicación de principios bioclimáticos se convierte en una herramienta invaluable para crear entornos construidos que sean eficientes en el uso de recursos y cómodos para sus ocupantes. Como afirmaba el arquitecto Ken Yeang [2], "la arquitectura bioclimática no es simplemente un conjunto de técnicas pasivas, sino un enfoque holístico que considera la interacción de los edificios con su entorno, la respuesta a las condiciones climáticas y la integración de tecnologías sostenibles". En esencia, se trata de diseñar edificios que se adapten y respondan dinámicamente a su contexto climático para minimizar el consumo de energía y, en consecuencia, reducir su impacto ambiental. Este enfoque no solo es relevante desde una perspectiva ambiental, sino que también tiene implicaciones económicas y sociales significativas. Los edificios diseñados con un enfoque bioclimático pueden reducir drásticamente los costos operativos a lo largo de su vida útil, así como mejorar la calidad de vida de sus ocupantes al proporcionar ambientes interiores más saludables y cómodos[3].

Este estudio se adentrará en el fascinante mundo del diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados con un enfoque en la sostenibilidad y los principios bioclimáticos. Se explorarán las formas en que los arquitectos y constructores están abordando este desafío global y presentaremos ejemplos destacados de edificios que han alcanzado el equilibrio entre la forma y la función, la estética y la eficiencia, en diversos entornos climáticos. Además, se revisarán las tecnologías innovadoras y las estrategias de diseño que están llevando la construcción sostenible hacia el futuro.

## II. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NATURAL Y LA TEMPERATURA INTERIOR.

Las estrategias de diseño bioclimático son enfoques arquitectónicos que aprovechan las condiciones climáticas locales para lograr un ambiente interior cómodo y eficiente en términos energéticos. Dos aspectos clave en el diseño bioclimático son la optimización de la iluminación natural y la regulación de la temperatura interior. Se mencionan a continuación algunas estrategias que permiten alcanzar dichos objetivos:

### A. Optimización de la Iluminación Natural

Es importante que la luz natural se aproveche para evitar el consumo eléctrico, lo que además favorece al ambiente interno de la vivienda. En este sentido, se recomienda que el diseño del edificio considere la orientación cardinal para maximizar la exposición al sol durante el invierno (orientación norte) y minimizarla en verano (orientación sur). Además, resulta importante el diseño de ventanas estratégicamente ubicadas y de tamaño adecuado para permitir la entrada de luz natural y la entrada de aire fresco para los días soleados, de manera que no sea necesaria la adquisición de aires acondicionados en temporadas calientes. También es importante considerar el uso de tragaluces y claraboyas para mantener iluminados los espacios donde no hay mucha entrada de luz con ventanas[4].

Cuando hay muchas ventanas y entradas de luz, es posible que exista un deslumbramiento, o exceso de luz en algunos espacios, para lo que se deberán emplear materiales y superficies reflectantes o difusas[5]. Este tipo de ventanas también puede causar un sobrecalentamiento en los espacios, por tanto, se deberán incluir algunas persianas y cortinas que atenúen la luz y que permitan el control de la iluminación. Además, puede ser provecho incluir elementos tecnológicos para la implementación de un sistema de control de luz automatizados que ajusten la iluminación artificial según la cantidad de luz natural disponible.

Por otro lado, es indispensable, que en la construcción de viviendas se tome en consideración la adquisición de materiales de alta calidad, con el fin de lograr técnicas de aislamiento eficientes para minimizar las pérdidas de calor en invierno y el ingreso de calor en verano. Esto puede complementarse con la incorporación de materiales de alta masa térmica, como concreto o ladrillo, en el diseño del edificio para ayudar a estabilizar las temperaturas interiores al almacenar calor durante el día y liberarlo lentamente por la noche[6]. Es importante, además, integrar sistemas de calefacción y refrigeración eficientes y de baja demanda energética, como bombas de calor de alta eficiencia, para mantener temperaturas confortables cuando sea necesario[7]. El uso de la tecnología también puede ayudar para incluir sistemas de control de temperatura automatizados que ajusten la climatización según las condiciones ambientales y las necesidades de confort.

La combinación de estas estrategias de diseño bioclimático puede contribuir significativamente a la creación de espacios interiores que sean cómodos y energéticamente eficientes. Estos enfoques no solo reducen el consumo de energía y los costos operativos a lo largo del ciclo de vida del edificio, sino que también promueven un entorno más saludable y sostenible para sus ocupantes[8].

Algunos desarrollos y metodologías se presentan en la tabla 1, se muestran los avances más significativos en el campo del diseño bioclimático en arquitectura. Cada uno de ellos aborda diferentes aspectos relacionados con la eficiencia energética, el confort ambiental y la sostenibilidad en la construcción de edificios.

El análisis de la tabla 1 revela una serie de metodologías clave que influyen de manera significativa en los nuevos desarrollos arquitectónicos relacionados con el enfoque bioclimático. Estas metodologías se centran en la optimización de la eficiencia energética, el confort ambiental y la sostenibilidad en el diseño y la construcción de edificios. A continuación, se detalla cómo estas metodologías han influido en los avances arquitectónicos:

Diseño de Edificios de Energía Casi Nula (EECN): Esta metodología se basa en la simulación y el modelado energético para optimizar el rendimiento térmico de los edificios. Ha influido en los desarrollos arquitectónicos al promover la integración de tecnologías de energía renovable y sistemas de alta eficiencia energética en la planificación y el diseño de edificios, lo que resulta en estructuras que requieren muy poca energía para funcionar.

Construcción de Edificios Passivhaus: Los estándares Passivhaus establecen una metodología rigurosa para lograr una alta eficiencia energética y confort térmico. Han influido en los nuevos desarrollos al fomentar el uso de aislamiento superior, hermeticidad al aire y sistemas de ventilación con recuperación de calor, lo que da como resultado edificios que mantienen un nivel constante de confort con un consumo mínimo de energía.

**Tabla 1.** Investigaciones desarrolladas en el contexto bioclimático.

Desarrollo/Investigación	Metodología/Enfoque
Diseño de Edificios de Energía Casi Nula (EECN)[9]	- Modelado energético y simulación para optimizar el rendimiento térmico. - Uso de materiales de alta eficiencia energética. - Integración de sistemas de energía renovable, como paneles solares y sistemas de recuperación de calor.
Construcción de Edificios Passivhaus [10]	- Principios de diseño y estándares Passivhaus para lograr alta eficiencia energética y confort térmico. - Superaislamiento, hermeticidad al aire y sistemas de ventilación con recuperación de calor.
Diseño de Espacios Verdes Urbanos [11]	- Incorporación de áreas verdes y vegetación en el diseño urbano para la mitigación de calor y la mejora de la calidad del aire. - Diseño de parques y áreas públicas que favorezcan la sombra natural y la circulación de aire.
Desarrollo de Tecnologías de Enfriamiento Pasivo [12]	- Investigación en sistemas de enfriamiento natural, como torres de viento, chimeneas solares y sistemas de enfriamiento evaporativo. - Uso de materiales de fase cambiante de alta capacidad térmica para el control de la temperatura.
Diseño de Edificios Inteligentes [4]	- Implementación de sistemas de automatización del edificio que ajustan la climatización y la iluminación en tiempo real según las condiciones ambientales y el uso del espacio. - Sensores y sistemas de gestión de datos para monitorear y controlar el consumo de energía.
Métodos de Simulación Energética y Ambiental [13]	- Utilización de software de simulación avanzado, como EnergyPlus, para modelar y analizar el comportamiento térmico y energético de los edificios. - Simulación de la radiación solar, el flujo de aire y otros parámetros ambientales.
Diseño Bioclimático Integrado [14]	- Enfoque holístico que considera múltiples estrategias bioclimáticas en conjunto, como la orientación, el aislamiento, la ventilación y la captación de energía solar pasiva. - Diseño basado en el ciclo anual de condiciones climáticas para maximizar la eficiencia durante todas las estaciones.
Evaluación de Ciclo de Vida (ACV) [15]	- Análisis del impacto ambiental de los materiales de construcción y sistemas de energía a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. - Consideración de aspectos como las emisiones de carbono y la huella ecológica.

Diseño de Espacios Verdes Urbanos: La incorporación de áreas verdes y vegetación en el diseño urbano busca contrarrestar el efecto isla de calor y mejorar la calidad del aire en entornos urbanos. Esta metodología ha influido en desarrollos arquitectónicos al promover la creación de espacios públicos más saludables y sostenibles que integren la naturaleza en el entorno construido.

Desarrollo de Tecnologías de Enfriamiento Pasivo: La investigación en sistemas de enfriamiento natural y materiales de fase cambiante ha influido en el diseño de edificios al proporcionar soluciones para el control de la temperatura interior sin la necesidad de sistemas de climatización convencionales, lo que reduce la demanda energética[6].

Diseño de Edificios Inteligentes: La implementación de sistemas de automatización del edificio y la monitorización en tiempo real han influido en los desarrollos al permitir un control más preciso y eficiente de la climatización, la iluminación y el consumo de energía, lo que conduce a edificios más sostenibles y adaptables a las condiciones cambiantes[16].

Métodos de Simulación Energética y Ambiental: La utilización de software de simulación avanzado ha influido en el diseño de edificios al permitir a los arquitectos y diseñadores evaluar el rendimiento térmico y energético de manera precisa y anticipar el comportamiento de un edificio bajo diversas condiciones climáticas, lo que facilita la toma de decisiones informadas[17].

Diseño Bioclimático Integrado: Este enfoque holístico ha influido en los desarrollos al fomentar la consideración de múltiples estrategias bioclimáticas en conjunto, lo que resulta en edificios que son más resistentes a las variaciones climáticas y más eficientes en términos energéticos [12].

Evaluación de Ciclo de Vida (ACV): La ACV ha influido en el diseño al destacar la importancia de considerar el impacto ambiental de los materiales de construcción y sistemas de energía a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, lo que ha impulsado la adopción de materiales más sostenibles y prácticas constructivas respetuosas con el medio ambiente.

Estas metodologías han sido fundamentales para la evolución de los desarrollos arquitectónicos en la dirección de edificios más eficientes energéticamente, sostenibles y confortables [18]. Han influido en la forma en que se conciben, diseñan y construyen los edificios en la actualidad, y continuarán desempeñando un papel crucial en la arquitectura del futuro a medida que se buscan soluciones para los desafíos ambientales y energéticos globales.

B. Estudio de casos de edificios de energía casi nula con un enfoque bioclimático en diferentes climas (desde climas cálidos y húmedos hasta climas fríos).

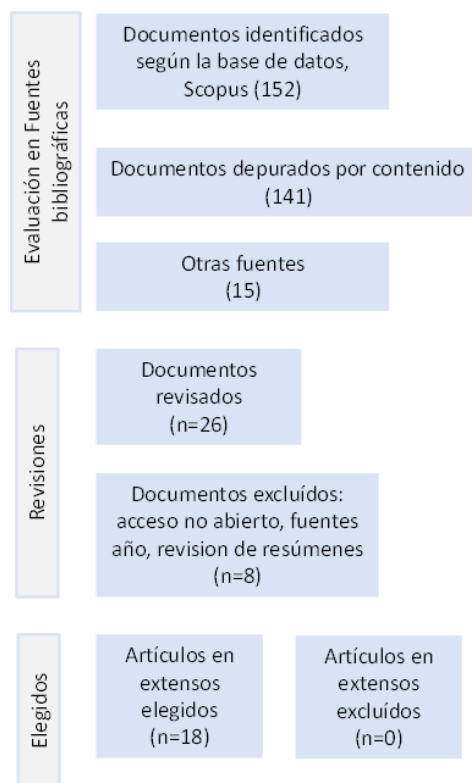
En la tabla 2 se muestran algunos casos de estudios que revelan las estrategias desarrolladas en ciertos climas, y cómo estas estrategias aportan en la reducción de CO<sub>2</sub> en las viviendas. Además, estos elementos contribuyen a la generación de ambientes agradables y familiares.

**Tabla 2.** Principales estrategias desarrolladas para la adecuación de viviendas en diferentes tipos de clima.

Clima	Estrategias Principales	Estudio de casos de Edificio de Energía Casi Nula
Cálido y Húmedo	- Maximización de la ventilación natural.	- Viviendas en comunidades sustentables en regiones tropicales.
	- Uso de sombreado para reducir la carga térmica.	
Cálido y Seco	- Uso de sistemas de refrigeración evaporativa.	- Casas ecotecnológicas en regiones desérticas.
	- Aislamiento térmico eficiente.	
Templado	- Aprovechamiento de la energía solar pasiva.	- Edificios de oficinas en Europa con diseño solar pasivo.
	- Sistemas de calefacción eficientes.	
Frío	- Aislamiento de alta calidad.	- Viviendas multifamiliares en países nórdicos diseñadas para estándares de construcción pasiva.
	- Ventanas de triple vidrio.	
	- Tecnologías de recuperación de calor.	

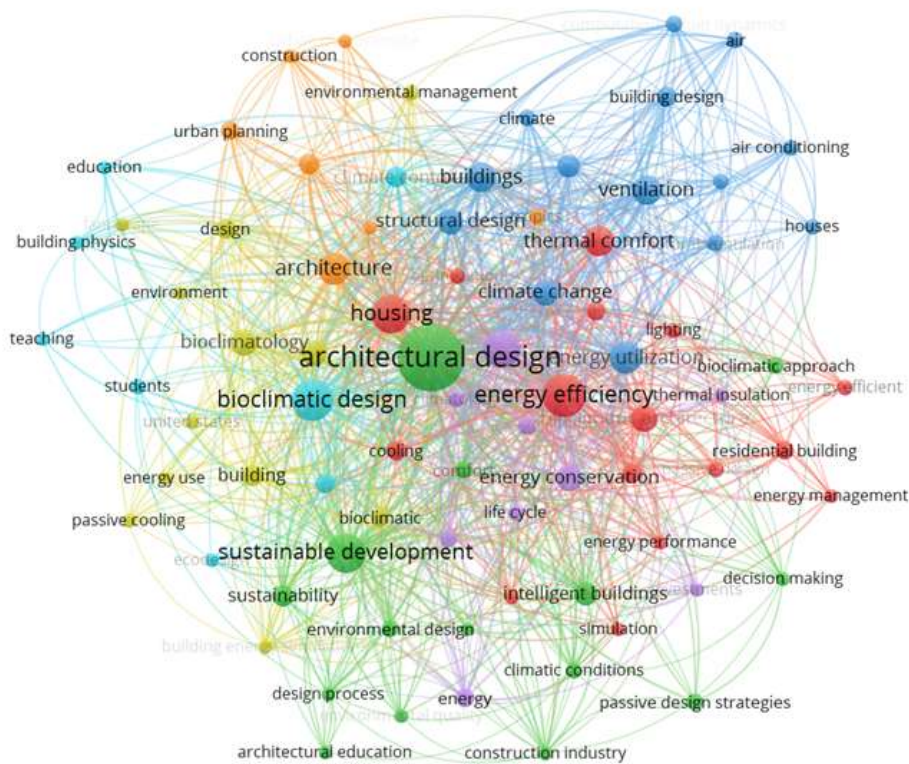
### III. METODOLOGÍA

Se presenta un estudio de revisión bibliográfica, donde se han analizado diferentes publicaciones científicas en el área de diseño arquitectónico con enfoque bioclimático. La figura 1 (Fig. 1) muestra los artículos analizados, revelando que son muchas las propuestas en la actualidad para mejorar las condiciones de desarrollos habitacionales.



**Fig. 1.** Clasificación PRISMA de revisión bibliográfica.  
 Fuente: Propia.

La figura 2 (Fig. 2) representa de manera visual el resultado de un exhaustivo análisis de la revisión documental llevada a cabo. En este gráfico, se destacan las palabras clave que surgieron con mayor frecuencia y relevancia en las fuentes investigadas. Es notable que las principales palabras se encuentran centradas en el ámbito del diseño arquitectónico, lo que refleja la creciente importancia que se le otorga a este aspecto en la actualidad. Sin embargo, más allá de la prominencia del diseño arquitectónico, es interesante observar que las siguientes categorías más relevantes son la eficiencia energética y el diseño bioclimático. Este hallazgo sugiere una tendencia clara en las publicaciones científicas actuales: la búsqueda activa de soluciones que no solo satisfagan las necesidades humanas y funcionales de las edificaciones, sino que también promuevan la sostenibilidad y la reducción de impactos ambientales negativos. En otras palabras, la figura 2 subraya cómo la comunidad científica está enfocando sus esfuerzos en la dirección de mejorar el entorno construido para contrarrestar los efectos dañinos que la actividad humana ha tenido en nuestro planeta. Esta tendencia no solo responde a una preocupación por el medio ambiente, sino que también se traduce en un esfuerzo deliberado por elevar la calidad de vida de las personas en el contexto de sus hogares y espacios habitables. En última instancia, se busca un equilibrio en el cual la arquitectura y el diseño se conviertan en agentes positivos tanto para la naturaleza como para el bienestar de la sociedad.

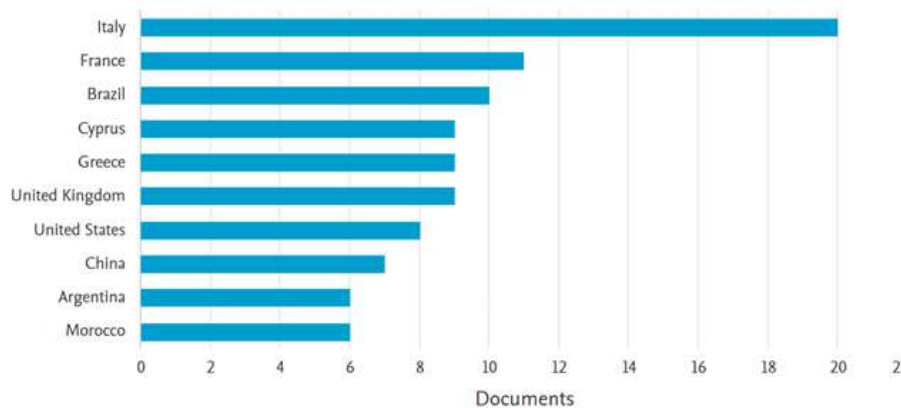


**Fig. 2.** Mapa de palabras de la búsqueda bibliográfica.  
Fuente: Propia usando el software VOSviewer.

#### IV. RESULTADOS

##### A.Resultados de la bibliometría

En la figura 3 (Fig. 3) se muestran las principales zonas geográficas donde se han venido desarrollando las investigaciones en torno al tema de construcción con enfoque bioclimático. Se observa que el país con mayor cantidad de publicaciones es Italia, y en Latinoamérica es Argentina. Lo que puede representar una buena alternativa de investigación en los países de la región.

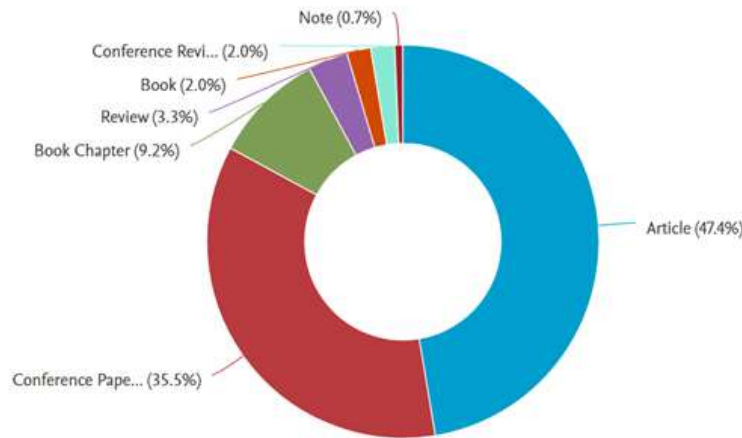


**Fig. 3.** Principales países que han publicado sobre construcción de viviendas con enfoque bioclimático

Fuente: Scopus [19]

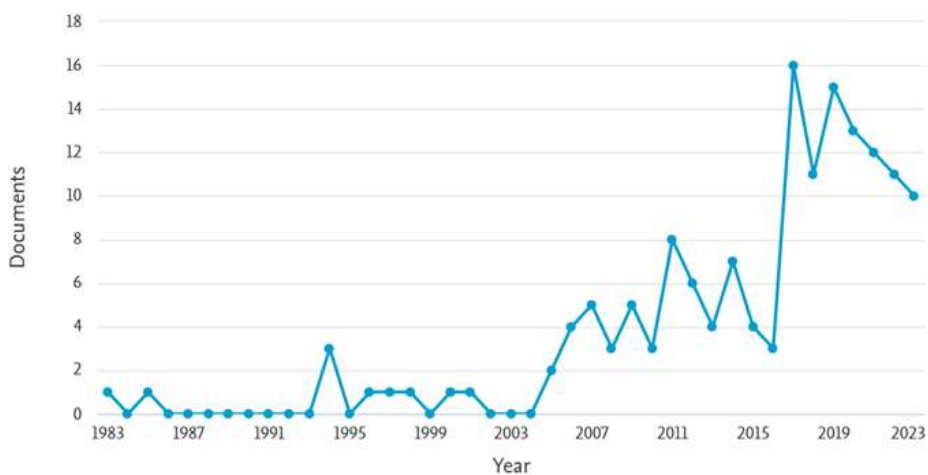


Además, se encontró que el tipo de documento es principalmente de investigación y desarrollo, como muestra la figura 4 (Fig. 4). Lo cual revela que se han diseñado propuestas para mejorar las condiciones en la construcción de viviendas y así aportar a la calidad de vida presente y futura.



**Fig. 4.** Tipo de documentos publicados en el tema de construcción de viviendas con enfoque bioclimático  
 Fuente: Scopus [19]

Por otra parte, los años en que más hubo publicaciones de este tema, fueron entre 2016 a 2018, y desde entonces ha venido disminuyendo (Fig. 5). Desde la década de 1980 hasta la actualidad, se observa un aumento constante en el número de publicaciones relacionadas con construcciones bioclimáticas. Este aumento refleja un creciente interés en el tema a lo largo del tiempo. Sin embargo, a partir del año 2000, se puede notar una aceleración significativa en la cantidad de publicaciones anuales, especialmente en la última década. Esto sugiere un interés creciente y una mayor conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad en la construcción. Las cifras más recientes (2021 y 2023) muestran que el tema de las construcciones bioclimáticas sigue siendo relevante y continúa atrayendo la atención de investigadores y profesionales en la actualidad.



**Fig. 5.** Años de publicación de documentos sobre la construcción de viviendas con enfoque bioclimático.  
 Fuente: Scopus [19]

Es posible que el aumento de la conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de reducir el consumo de energía en el sector de la construcción estén contribuyendo a la creciente investigación en construcciones bioclimáticas. Sin embargo, el aumento en la investigación también podría estar relacionado con el reconocimiento de que las estrategias bioclimáticas pueden ofrecer soluciones efectivas para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad en la construcción de edificios. Pero resulta importante destacar la relevancia en innovación, pues el aumento en las publicaciones indica un mayor potencial para la innovación en diseño y construcción de edificios sostenibles, lo que podría llevar a desarrollos más avanzados en el campo de las construcciones bioclimáticas en el futuro, esto refleja un interés creciente en abordar la sostenibilidad y la eficiencia energética en el sector de la construcción. Esto sugiere que las construcciones bioclimáticas son una parte importante de la respuesta a los desafíos ambientales y energéticos actuales.

#### B. Resultados del análisis documental

- Las construcciones bioclimáticas pueden reducir el consumo de energía en climas cálidos en un promedio del 40% en comparación con edificios convencionales, gracias a estrategias como la ventilación natural y el sombreado adecuado.

- Los edificios bioclimáticos diseñados con iluminación natural adecuada pueden reducir el consumo de electricidad para iluminación en un 50% o más, proporcionando al mismo tiempo un ambiente interior de alta calidad.

- La implementación de sistemas de ventilación natural en edificios bioclimáticos puede resultar en un aumento del 30% en la calidad del aire interior en comparación con edificios convencionales, mejorando así la salud de los ocupantes.

- Los edificios bioclimáticos tienen el potencial de reducir las emisiones de carbono en un 30% o más, contribuyendo significativamente a los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

- Los edificios bioclimáticos pueden lograr ahorros de hasta el 60% en costos de calefacción y refrigeración, lo que se traduce en un retorno de inversión atractivo a lo largo del tiempo.

- La inversión en tecnologías sostenibles, como paneles solares y sistemas de recolección de agua de lluvia, puede amortizarse en tan solo 5 años en edificios bioclimáticos.

- Los edificios bioclimáticos pueden contribuir a una reducción del 15% en la tasa de enfermedades relacionadas con el ambiente interior, gracias a una mejor calidad del aire y condiciones térmicas más cómodas.

- Las construcciones bioclimáticas certificadas pueden experimentar un aumento del 10% en su valor de mercado, lo que atrae a inversores y compradores conscientes de la sostenibilidad.

Los edificios bioclimáticos pueden resistir eventos climáticos extremos con mayor eficacia, reduciendo el riesgo de daños estructurales y ofreciendo un refugio seguro en casos de desastres naturales.

- Los edificios bioclimáticos pueden aumentar la retención de inquilinos y mejorar la productividad de los trabajadores en un 15% debido a su ambiente interior saludable y confortable.

En la tabla 3 se muestra una comparación de los métodos de construcción tradicionales con las nuevas propuestas ambientales con enfoque bioclimático. Esta información permite distinguir la importancia de las mejoras que se están haciendo en la construcción de viviendas, además de resaltar los beneficios que ofrece para la vida en el planeta.

**Tabla 3.** Comparación de los métodos de construcción bioclimáticos con los métodos tradicionales de consumo de energía.

Método de Construcción Bioclimática	Beneficios en Comparación con Dispositivos de Consumo Tradicionales
Ventilación Natural	- Reducción significativa en el consumo de energía para la climatización. - Mejora de la calidad del aire interior sin costo adicional.
Aislamiento Térmico Eficiente	- Menor consumo de energía para la calefacción y la refrigeración. - Mayor confort térmico y reducción de pérdidas de calor o ganancia de calor no deseadas.
Uso de Materiales Sostenibles	- Menor impacto ambiental en la fabricación y el transporte de materiales. - Promoción de prácticas de construcción sostenible y reciclaje.
Diseño Solar Pasivo	- Reducción significativa en la demanda de energía para calefacción y refrigeración. - Aprovechamiento de la energía solar para el confort térmico.
Sistemas de Recuperación de Calor	- Aprovechamiento del calor residual de la ventilación o los procesos industriales. - Reducción de la demanda de calefacción y refrigeración.
Tecnologías Solares	- Generación de energía eléctrica o térmica a partir de fuentes renovables. - Reducción de la dependencia de combustibles fósiles.
Control Automatizado de Edificios	- Optimización continua de sistemas de climatización e iluminación. - Ahorro de energía y mejora del confort sin necesidad de intervención manual.
Diseño Bioclimático Integral	- Enfoque holístico que combina múltiples estrategias para maximizar la eficiencia energética y el confort. - Reducción general del consumo de energía y costos operativos.

## CONCLUSIONES

1. Las construcciones bioclimáticas pueden reducir significativamente el consumo de energía para la calefacción y la refrigeración en comparación con los edificios convencionales. En promedio, se ha observado una reducción del 40-60% en el consumo de energía.
2. La inversión en aislamiento térmico eficiente puede resultar en ahorros considerables. Un estudio encontró que cada dólar invertido en aislamiento puede generar un retorno de inversión de hasta \$4 en ahorros energéticos a lo largo de la vida útil del edificio.
3. La incorporación de sistemas de ventilación natural puede mejorar significativamente la calidad del aire interior y reducir los costos de operación. Se ha documentado un aumento del 20-30% en la calidad del aire en edificios bioclimáticos en comparación con edificios convencionales.
4. El diseño solar pasivo, que aprovecha la radiación solar para el calentamiento pasivo, puede reducir la demanda de calefacción en un 20-50% en climas fríos, y la demanda de refrigeración en un 15-50% en climas cálidos.
5. Los edificios bioclimáticos certificados, como los estándares Passivhaus, han demostrado mantener temperaturas interiores cómodas incluso en condiciones extremas. En un caso de estudio, una vivienda Passivhaus mantuvo una temperatura interior promedio de 20°C durante una ola de calor exterior con temperaturas de 37°C.

6. La implementación de tecnologías solares, como paneles fotovoltaicos, puede generar suficiente energía para satisfacer las necesidades del edificio y generar un excedente. Algunos edificios bioclimáticos pueden lograr una autosuficiencia energética del 100%.
7. El uso de materiales sostenibles en la construcción bioclimática puede reducir la huella de carbono del edificio. Un edificio construido con materiales sostenibles puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en más de 100 toneladas durante su vida útil.
8. Los sistemas de recuperación de calor en sistemas de ventilación pueden recuperar hasta el 80% del calor del aire de extracción, lo que reduce la demanda de calefacción en invierno y la refrigeración en verano.
9. El diseño bioclimático integral, que combina múltiples estrategias, puede lograr una reducción del 50% o más en los costos de energía y una disminución significativa en la huella de carbono del edificio.
10. Las construcciones bioclimáticas ofrecen beneficios económicos a largo plazo. Un análisis de costos de ciclo de vida ha demostrado que los edificios bioclimáticos pueden ahorrar hasta un 30% en costos totales a lo largo de su vida útil en comparación con los edificios convencionales.

## REFERENCIAS

- [1] A. T. Nguyen and S. Reiter, "Bioclimatism in architecture: An evolutionary perspective," *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, vol. 12, no. 1, pp. 16–29, 2017, doi: 10.2495/DNE-V12-N1-16-29.
- [2] Ken Yeang and Llewelyn Davies Yeang, "Ecoskyscrapers and Ecomimesis: New tall building typologies".
- [3] C. Chongdong, "Model design and analysis of the evaluation system of regional characteristics of green buildings," *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, vol. 55, no. 19, pp. 1–8, 2017.
- [4] J. Victoria, S. A. Mahayuddin, W. A. Z. W. Zaharuddin, S. N. Harun, and B. Ismail, "Bioclimatic Design Approach in Dayak Traditional Longhouse," in *Procedia Engineering*, 2017, pp. 562–570. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.215.
- [5] B. Bajčinovci, "Ecological architecture in response over the centuries. A case study: Ulqin of Adriatic sea," *Ecology, Environment and Conservation*, vol. 23, no. 2, pp. 740–743, 2017.
- [6] F. Yusta-Garcia, C. Semidor, and D. Bruneau, "Passive architecture in very hot climate: A simple and flexible bioclimatic approach for architects," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017*, 2017, pp. 4445–4452.
- [7] M. Davidová, "Breathing artifacts of urban bioclimatic layers for post-anthropocene urban environment," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 20, 2021, doi: 10.3390/su132011307.
- [8] N. Č. Ignjatović, A. Vranješ, D. Ignjatović, D. Milenić, and O. Krunić, "Sustainable modularity approach to facilities development based on geothermal energy potential," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 6, 2021, doi: 10.3390/app11062691.
- [9] F. Fedorik, R. Heikkilä, T. Makkonen, and A. Haapala, "Integration of structural health control in BIM for Current and future residential buildings," in *ISARC 2017 - Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 2017, pp. 134–139. doi: 10.22260/isarc2017/0018.
- [10] A. Moreno-Rangel, "Passivhaus," *Encyclopedia*, vol. 1, no. 1, pp. 20–29, Dec. 2020, doi: 10.3390/encyclopedia1010005.
- [11] C. Chongdong, "Model design and analysis of the evaluation system of regional characteristics of green buildings," *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, vol. 55, no. 19, pp. 1–8, 2017.

- [12] S. Hong, Y. Tang, X. Zhang, S. Wang, and Z. Zhang, "Multiple orientations research on heat transfer capabilities of ultra-thin loop heat pipes with various channel configurations," *Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin*, vol. 62, no. 7, pp. 721–729, 2017, doi: 10.1360/N972016-00036.
- [13] G. Cantuária, B. Marques, J. P. Silva, and M. C. Guedes, "Low energy, low-tech building design for the extreme cold of antarctica," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive*, PLEA 2017, 2017, pp. 3906–3913.
- [14] A. Trombadore, M. Sala, and P. P. Congiatu, "Sustainable eco-architecture for Sustainable eco-tourism: The Strategic Plan and pilot projects of Asinara Island," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive*, PLEA 2017, 2017, pp. 4357–4364.
- [15] L. Pajek and M. Košir, "Can building energy performance be predicted by a bioclimatic potential analysis? Case study of the Alpine-Adriatic region," *Energy Build*, vol. 139, pp. 160–173, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.01.035.
- [16] A. Holstov, G. Farmer, and B. Bridgens, "Sustainable materialisation of responsive architecture," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 3, 2017, doi: 10.3390/su9030435.
- [17] D. Craig and R. Schiano-Phan, "Limitations of environmental assessment methods for bioclimatic building design," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive*, PLEA 2017, 2017, pp. 393–400.
- [18] G. Scudo, *Shading Architectures—Bioclimatic Approach to "Well Tempered" Civic Spaces*. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-59328-5\_22.
- [19] "<https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec/search/form.uri?display=basic#basic>."

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.130>

# Diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados: enfoque bioclimático y sostenibilidad

Wilman Alexis Benavides Santacruz  
<https://orcid.org/0009-0006-6667-6718>  
wilman.benavides@ikiam.edu.ec  
Universidad Regional Amazónica IKIAM  
El Tena-Ecuador

José Miguel Carranco Muñoz  
<https://orcid.org/0000-0002-9886-4397>  
jose.carranco@ikiam.edu.ec  
Universidad Regional Amazónica IKIAM  
El Tena-Ecuador

Recibido (23/07/2022), Aceptado (01/09/2023)

**Resumen:** Se presenta una investigación que permitirá explorar cómo el diseño y la construcción de edificios de energía casi nula se pueden abordar desde una perspectiva bioclimática, teniendo en cuenta factores como la orientación, la ventilación natural, el uso de materiales sostenibles y estrategias de eficiencia energética. Se presentan algunos casos de estudio en diferentes climas y regiones para comprender cómo se adaptan los principios bioclimáticos a diversas condiciones ambientales y geográficas. La metodología es documental y se enfoca en la revisión de artículos publicados en revistas de base de datos Scopus principalmente, de años recientes. Los principales resultados muestran que las construcciones sostenibles son necesarias para la conservación del ambiente, pero además favorecen la vida humana y la reutilización de materia prima biodegradable.

**Palabras clave:** arquitectura, enfoque bioclimático, sostenibilidad, ambiente.

Design and Construction of Energy Saving Buildings in Varied Climates:  
Bioclimatic Approach and Sustainability

**Abstract.-** A research is presented that will explore how the design and construction of nearly zero energy buildings can be addressed from a bioclimatic perspective, considering factors such as orientation, natural ventilation, sustainable materials, and energy efficiency strategies. Some case studies in different climates and regions are presented to understand how bioclimatic principles adapt to various environmental and geographical conditions. The documentary methodology focuses on reviewing articles published in Scopus database journals, mainly from recent years. The main results show that sustainable constructions are necessary for conserving the environment but also favor human life and the reuse of biodegradable raw materials.

**Keywords:** architecture, bioclimatic approach, sustainability, environment.

## I. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales y la urgente necesidad de reducir nuestra huella de carbono, la arquitectura y la construcción sostenible se han convertido en imperativos globales. Uno de los enfoques más prometedores en este campo es la integración de estrategias bioclimáticas en el diseño y construcción de edificios, un enfoque que busca aprovechar las condiciones climáticas locales para lograr eficiencia energética y sostenibilidad[1].

El diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados es un campo en constante evolución que desafía a los arquitectos e ingenieros a adaptar sus enfoques a una amplia gama de condiciones climáticas, desde los intensos veranos de los trópicos hasta los inviernos rigurosos de las regiones subárticas. En este contexto, la aplicación de principios bioclimáticos se convierte en una herramienta invaluable para crear entornos construidos que sean eficientes en el uso de recursos y cómodos para sus ocupantes. Como afirmaba el arquitecto Ken Yeang [2], "la arquitectura bioclimática no es simplemente un conjunto de técnicas pasivas, sino un enfoque holístico que considera la interacción de los edificios con su entorno, la respuesta a las condiciones climáticas y la integración de tecnologías sostenibles". En esencia, se trata de diseñar edificios que se adapten y respondan dinámicamente a su contexto climático para minimizar el consumo de energía y, en consecuencia, reducir su impacto ambiental. Este enfoque no solo es relevante desde una perspectiva ambiental, sino que también tiene implicaciones económicas y sociales significativas. Los edificios diseñados con un enfoque bioclimático pueden reducir drásticamente los costos operativos a lo largo de su vida útil, así como mejorar la calidad de vida de sus ocupantes al proporcionar ambientes interiores más saludables y cómodos[3].

Este estudio se adentrará en el fascinante mundo del diseño y construcción de edificios de ahorro de energía en climas variados con un enfoque en la sostenibilidad y los principios bioclimáticos. Se explorarán las formas en que los arquitectos y constructores están abordando este desafío global y presentaremos ejemplos destacados de edificios que han alcanzado el equilibrio entre la forma y la función, la estética y la eficiencia, en diversos entornos climáticos. Además, se revisarán las tecnologías innovadoras y las estrategias de diseño que están llevando la construcción sostenible hacia el futuro.

## II. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NATURAL Y LA TEMPERATURA INTERIOR.

Las estrategias de diseño bioclimático son enfoques arquitectónicos que aprovechan las condiciones climáticas locales para lograr un ambiente interior cómodo y eficiente en términos energéticos. Dos aspectos clave en el diseño bioclimático son la optimización de la iluminación natural y la regulación de la temperatura interior. Se mencionan a continuación algunas estrategias que permiten alcanzar dichos objetivos:

### A. Optimización de la Iluminación Natural

Es importante que la luz natural se aproveche para evitar el consumo eléctrico, lo que además favorece al ambiente interno de la vivienda. En este sentido, se recomienda que el diseño del edificio considere la orientación cardinal para maximizar la exposición al sol durante el invierno (orientación norte) y minimizarla en verano (orientación sur). Además, resulta importante el diseño de ventanas estratégicamente ubicadas y de tamaño adecuado para permitir la entrada de luz natural y la entrada de aire fresco para los días soleados, de manera que no sea necesaria la adquisición de aires acondicionados en temporadas calientes. También es importante considerar el uso de tragaluces y claraboyas para mantener iluminados los espacios donde no hay mucha entrada de luz con ventanas[4].

Cuando hay muchas ventanas y entradas de luz, es posible que exista un deslumbramiento, o exceso de luz en algunos espacios, para lo que se deberán emplear materiales y superficies reflectantes o difusas[5]. Este tipo de ventanas también puede causar un sobrecalentamiento en los espacios, por tanto, se deberán incluir algunas persianas y cortinas que atenúen la luz y que permitan el control de la iluminación. Además, puede ser provecho incluir elementos tecnológicos para la implementación de un sistema de control de luz automatizados que ajusten la iluminación artificial según la cantidad de luz natural disponible.

Por otro lado, es indispensable, que en la construcción de viviendas se tome en consideración la adquisición de materiales de alta calidad, con el fin de lograr técnicas de aislamiento eficientes para minimizar las pérdidas de calor en invierno y el ingreso de calor en verano. Esto puede complementarse con la incorporación de materiales de alta masa térmica, como concreto o ladrillo, en el diseño del edificio para ayudar a estabilizar las temperaturas interiores al almacenar calor durante el día y liberarlo lentamente por la noche[6]. Es importante, además, integrar sistemas de calefacción y refrigeración eficientes y de baja demanda energética, como bombas de calor de alta eficiencia, para mantener temperaturas confortables cuando sea necesario[7]. El uso de la tecnología también puede ayudar para incluir sistemas de control de temperatura automatizados que ajusten la climatización según las condiciones ambientales y las necesidades de confort.

La combinación de estas estrategias de diseño bioclimático puede contribuir significativamente a la creación de espacios interiores que sean cómodos y energéticamente eficientes. Estos enfoques no solo reducen el consumo de energía y los costos operativos a lo largo del ciclo de vida del edificio, sino que también promueven un entorno más saludable y sostenible para sus ocupantes[8].

Algunos desarrollos y metodologías se presentan en la tabla 1, se muestran los avances más significativos en el campo del diseño bioclimático en arquitectura. Cada uno de ellos aborda diferentes aspectos relacionados con la eficiencia energética, el confort ambiental y la sostenibilidad en la construcción de edificios.

El análisis de la tabla 1 revela una serie de metodologías clave que influyen de manera significativa en los nuevos desarrollos arquitectónicos relacionados con el enfoque bioclimático. Estas metodologías se centran en la optimización de la eficiencia energética, el confort ambiental y la sostenibilidad en el diseño y la construcción de edificios. A continuación, se detalla cómo estas metodologías han influido en los avances arquitectónicos:

**Diseño de Edificios de Energía Casi Nula (EECN):** Esta metodología se basa en la simulación y el modelado energético para optimizar el rendimiento térmico de los edificios. Ha influido en los desarrollos arquitectónicos al promover la integración de tecnologías de energía renovable y sistemas de alta eficiencia energética en la planificación y el diseño de edificios, lo que resulta en estructuras que requieren muy poca energía para funcionar.

**Construcción de Edificios Passivhaus:** Los estándares Passivhaus establecen una metodología rigurosa para lograr una alta eficiencia energética y confort térmico. Han influido en los nuevos desarrollos al fomentar el uso de aislamiento superior, hermeticidad al aire y sistemas de ventilación con recuperación de calor, lo que da como resultado edificios que mantienen un nivel constante de confort con un consumo mínimo de energía.



**Tabla 1.** Investigaciones desarrolladas en el contexto bioclimático.

Desarrollo/Investigación	Metodología/Enfoque
Diseño de Edificios de Energía Casi Nula (EECN)[9]	- Modelado energético y simulación para optimizar el rendimiento térmico. - Uso de materiales de alta eficiencia energética. - Integración de sistemas de energía renovable, como paneles solares y sistemas de recuperación de calor.
Construcción de Edificios Passivhaus [10]	- Principios de diseño y estándares Passivhaus para lograr alta eficiencia energética y confort térmico. - Superaislamiento, hermeticidad al aire y sistemas de ventilación con recuperación de calor.
Diseño de Espacios Verdes Urbanos [11]	- Incorporación de áreas verdes y vegetación en el diseño urbano para la mitigación de calor y la mejora de la calidad del aire. - Diseño de parques y áreas públicas que favorezcan la sombra natural y la circulación de aire.
Desarrollo de Tecnologías de Enfriamiento Pasivo [12]	- Investigación en sistemas de enfriamiento natural, como torres de viento, chimeneas solares y sistemas de enfriamiento evaporativo. - Uso de materiales de fase cambiante de alta capacidad térmica para el control de la temperatura.
Diseño de Edificios Inteligentes [4]	- Implementación de sistemas de automatización del edificio que ajustan la climatización y la iluminación en tiempo real según las condiciones ambientales y el uso del espacio. - Sensores y sistemas de gestión de datos para monitorear y controlar el consumo de energía.
Métodos de Simulación Energética y Ambiental [13]	- Utilización de software de simulación avanzado, como EnergyPlus, para modelar y analizar el comportamiento térmico y energético de los edificios. - Simulación de la radiación solar, el flujo de aire y otros parámetros ambientales.
Diseño Bioclimático Integrado [14]	- Enfoque holístico que considera múltiples estrategias bioclimáticas en conjunto, como la orientación, el aislamiento, la ventilación y la captación de energía solar pasiva. - Diseño basado en el ciclo anual de condiciones climáticas para maximizar la eficiencia durante todas las estaciones.
Evaluación de Ciclo de Vida (ACV) [15]	- Análisis del impacto ambiental de los materiales de construcción y sistemas de energía a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. - Consideración de aspectos como las emisiones de carbono y la huella ecológica.

Diseño de Espacios Verdes Urbanos: La incorporación de áreas verdes y vegetación en el diseño urbano busca contrarrestar el efecto isla de calor y mejorar la calidad del aire en entornos urbanos. Esta metodología ha influido en desarrollos arquitectónicos al promover la creación de espacios públicos más saludables y sostenibles que integren la naturaleza en el entorno construido.

Desarrollo de Tecnologías de Enfriamiento Pasivo: La investigación en sistemas de enfriamiento natural y materiales de fase cambiante ha influido en el diseño de edificios al proporcionar soluciones para el control de la temperatura interior sin la necesidad de sistemas de climatización convencionales, lo que reduce la demanda energética[6].

Diseño de Edificios Inteligentes: La implementación de sistemas de automatización del edificio y la monitorización en tiempo real han influido en los desarrollos al permitir un control más preciso y eficiente de la climatización, la iluminación y el consumo de energía, lo que conduce a edificios más sostenibles y adaptables a las condiciones cambiantes[16].

Métodos de Simulación Energética y Ambiental: La utilización de software de simulación avanzado ha influido en el diseño de edificios al permitir a los arquitectos y diseñadores evaluar el rendimiento térmico y energético de manera precisa y anticipar el comportamiento de un edificio bajo diversas condiciones climáticas, lo que facilita la toma de decisiones informadas[17].

Diseño Bioclimático Integrado: Este enfoque holístico ha influido en los desarrollos al fomentar la consideración de múltiples estrategias bioclimáticas en conjunto, lo que resulta en edificios que son más resistentes a las variaciones climáticas y más eficientes en términos energéticos [12].

Evaluación de Ciclo de Vida (ACV): La ACV ha influido en el diseño al destacar la importancia de considerar el impacto ambiental de los materiales de construcción y sistemas de energía a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, lo que ha impulsado la adopción de materiales más sostenibles y prácticas constructivas respetuosas con el medio ambiente.

Estas metodologías han sido fundamentales para la evolución de los desarrollos arquitectónicos en la dirección de edificios más eficientes energéticamente, sostenibles y confortables [18]. Han influido en la forma en que se conciben, diseñan y construyen los edificios en la actualidad, y continuarán desempeñando un papel crucial en la arquitectura del futuro a medida que se buscan soluciones para los desafíos ambientales y energéticos globales.

B. Estudio de casos de edificios de energía casi nula con un enfoque bioclimático en diferentes climas (desde climas cálidos y húmedos hasta climas fríos).

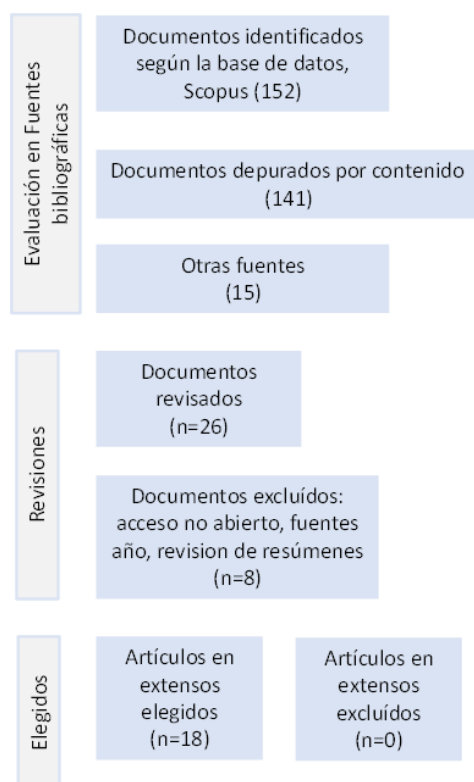
En la tabla 2 se muestran algunos casos de estudios que revelan las estrategias desarrolladas en ciertos climas, y cómo estas estrategias aportan en la reducción de CO<sub>2</sub> en las viviendas. Además, estos elementos contribuyen a la generación de ambientes agradables y familiares.

**Tabla 2.** Principales estrategias desarrolladas para la adecuación de viviendas en diferentes tipos de clima.

Clima	Estrategias Principales	Estudio de casos de Edificio de Energía Casi Nula
Cálido y Húmedo	- Maximización de la ventilación natural.	- Viviendas en comunidades sustentables en regiones tropicales.
	- Uso de sombreado para reducir la carga térmica.	
Cálido y Seco	- Uso de sistemas de refrigeración evaporativa.	- Casas ecotecnológicas en regiones desérticas.
	- Aislamiento térmico eficiente.	
Templado	- Aprovechamiento de la energía solar pasiva.	- Edificios de oficinas en Europa con diseño solar pasivo.
	- Sistemas de calefacción eficientes.	
Frío	- Aislamiento de alta calidad.	- Viviendas multifamiliares en países nórdicos diseñadas para estándares de construcción pasiva.
	- Ventanas de triple vidrio.	
	- Tecnologías de recuperación de calor.	

### III. METODOLOGÍA

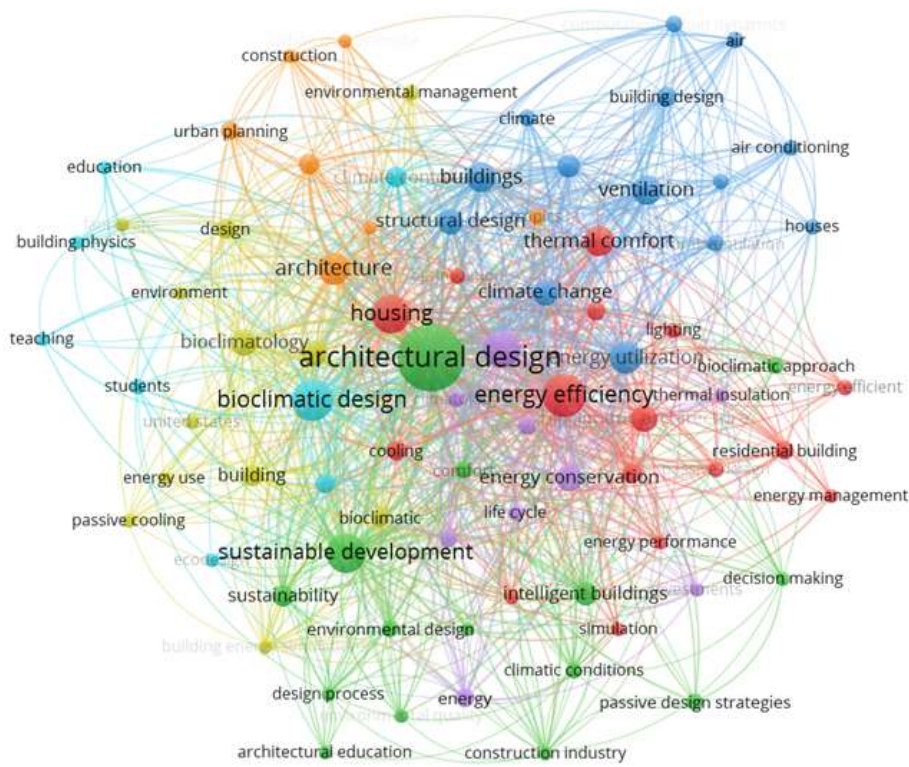
Se presenta un estudio de revisión bibliográfica, donde se han analizado diferentes publicaciones científicas en el área de diseño arquitectónico con enfoque bioclimático. La figura 1 (Fig. 1) muestra los artículos analizados, revelando que son muchas las propuestas en la actualidad para mejorar las condiciones de desarrollos habitacionales.



**Fig. 1.** Clasificación PRISMA de revisión bibliográfica.

Fuente: Propia.

La figura 2 (Fig. 2) representa de manera visual el resultado de un exhaustivo análisis de la revisión documental llevada a cabo. En este gráfico, se destacan las palabras clave que surgieron con mayor frecuencia y relevancia en las fuentes investigadas. Es notable que las principales palabras se encuentran centradas en el ámbito del diseño arquitectónico, lo que refleja la creciente importancia que se le otorga a este aspecto en la actualidad. Sin embargo, más allá de la prominencia del diseño arquitectónico, es interesante observar que las siguientes categorías más relevantes son la eficiencia energética y el diseño bioclimático. Este hallazgo sugiere una tendencia clara en las publicaciones científicas actuales: la búsqueda activa de soluciones que no solo satisfagan las necesidades humanas y funcionales de las edificaciones, sino que también promuevan la sostenibilidad y la reducción de impactos ambientales negativos. En otras palabras, la figura 2 subraya cómo la comunidad científica está enfocando sus esfuerzos en la dirección de mejorar el entorno construido para contrarrestar los efectos dañinos que la actividad humana ha tenido en nuestro planeta. Esta tendencia no solo responde a una preocupación por el medio ambiente, sino que también se traduce en un esfuerzo deliberado por elevar la calidad de vida de las personas en el contexto de sus hogares y espacios habitables. En última instancia, se busca un equilibrio en el cual la arquitectura y el diseño se conviertan en agentes positivos tanto para la naturaleza como para el bienestar de la sociedad.

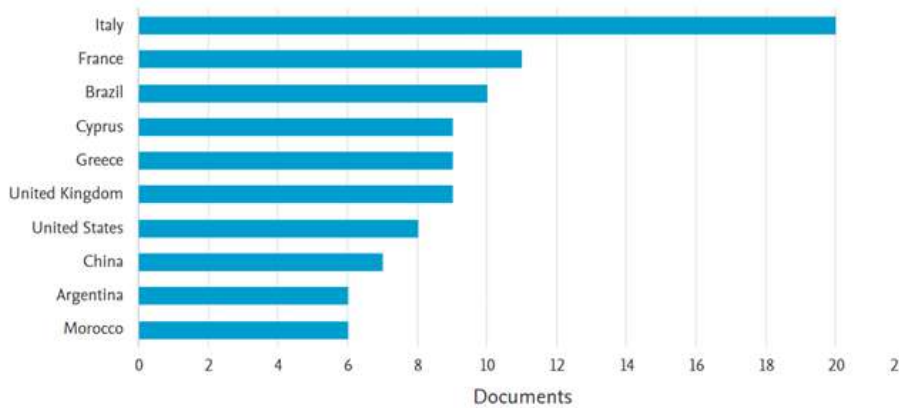


**Fig. 2.** Mapa de palabras de la búsqueda bibliográfica.  
 Fuente: Propia usando el software VOSviewer.

**IV. RESULTADOS**

A.Resultados de la bibliometría

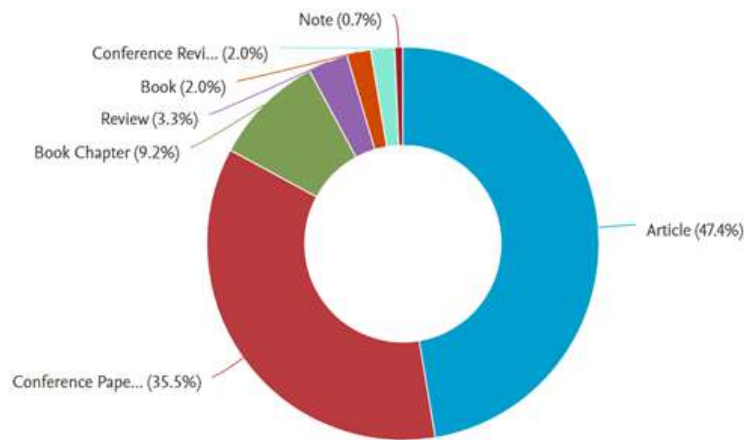
En la figura 3 (Fig. 3) se muestran las principales zonas geográficas donde se han venido desarrollando las investigaciones en torno al tema de construcción con enfoque bioclimático. Se observa que el país con mayor cantidad de publicaciones es Italia, y en Latinoamérica es Argentina. Lo que puede representar una buena alternativa de investigación en los países de la región.



**Fig. 3.** Principales países que han publicado sobre construcción de viviendas con enfoque bioclimático

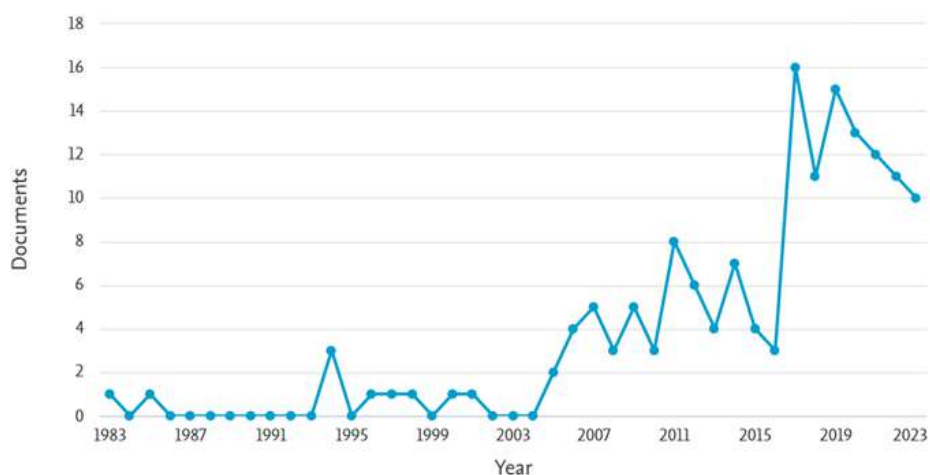
Fuente: Scopus [19]

Además, se encontró que el tipo de documento es principalmente de investigación y desarrollo, como muestra la figura 4 (Fig. 4). Lo cual revela que se han diseñado propuestas para mejorar las condiciones en la construcción de viviendas y así aportar a la calidad de vida presente y futura.



**Fig. 4.** Tipo de documentos publicados en el tema de construcción de viviendas con enfoque bioclimático  
Fuente: Scopus [19]

Por otra parte, los años en que más hubo publicaciones de este tema, fueron entre 2016 a 2018, y desde entonces ha venido disminuyendo (Fig. 5). Desde la década de 1980 hasta la actualidad, se observa un aumento constante en el número de publicaciones relacionadas con construcciones bioclimáticas. Este aumento refleja un creciente interés en el tema a lo largo del tiempo. Sin embargo, a partir del año 2000, se puede notar una aceleración significativa en la cantidad de publicaciones anuales, especialmente en la última década. Esto sugiere un interés creciente y una mayor conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad en la construcción. Las cifras más recientes (2021 y 2023) muestran que el tema de las construcciones bioclimáticas sigue siendo relevante y continúa atrayendo la atención de investigadores y profesionales en la actualidad.



**Fig. 5.** Años de publicación de documentos sobre la construcción de viviendas con enfoque bioclimático.  
Fuente: Scopus [19]

Es posible que el aumento de la conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de reducir el consumo de energía en el sector de la construcción estén contribuyendo a la creciente investigación en construcciones bioclimáticas. Sin embargo, el aumento en la investigación también podría estar relacionado con el reconocimiento de que las estrategias bioclimáticas pueden ofrecer soluciones efectivas para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad en la construcción de edificios. Pero resulta importante destacar la relevancia en innovación, pues el aumento en las publicaciones indica un mayor potencial para la innovación en diseño y construcción de edificios sostenibles, lo que podría llevar a desarrollos más avanzados en el campo de las construcciones bioclimáticas en el futuro, esto refleja un interés creciente en abordar la sostenibilidad y la eficiencia energética en el sector de la construcción. Esto sugiere que las construcciones bioclimáticas son una parte importante de la respuesta a los desafíos ambientales y energéticos actuales.

#### B. Resultados del análisis documental

· Las construcciones bioclimáticas pueden reducir el consumo de energía en climas cálidos en un promedio del 40% en comparación con edificios convencionales, gracias a estrategias como la ventilación natural y el sombreado adecuado.

· Los edificios bioclimáticos diseñados con iluminación natural adecuada pueden reducir el consumo de electricidad para iluminación en un 50% o más, proporcionando al mismo tiempo un ambiente interior de alta calidad.

· La implementación de sistemas de ventilación natural en edificios bioclimáticos puede resultar en un aumento del 30% en la calidad del aire interior en comparación con edificios convencionales, mejorando así la salud de los ocupantes.

· Los edificios bioclimáticos tienen el potencial de reducir las emisiones de carbono en un 30% o más, contribuyendo significativamente a los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

· Los edificios bioclimáticos pueden lograr ahorros de hasta el 60% en costos de calefacción y refrigeración, lo que se traduce en un retorno de inversión atractivo a lo largo del tiempo.

· La inversión en tecnologías sostenibles, como paneles solares y sistemas de recolección de agua de lluvia, puede amortizarse en tan solo 5 años en edificios bioclimáticos.

· Los edificios bioclimáticos pueden contribuir a una reducción del 15% en la tasa de enfermedades relacionadas con el ambiente interior, gracias a una mejor calidad del aire y condiciones térmicas más cómodas.

· Las construcciones bioclimáticas certificadas pueden experimentar un aumento del 10% en su valor de mercado, lo que atrae a inversores y compradores conscientes de la sostenibilidad.

Los edificios bioclimáticos pueden resistir eventos climáticos extremos con mayor eficacia, reduciendo el riesgo de daños estructurales y ofreciendo un refugio seguro en casos de desastres naturales.

· Los edificios bioclimáticos pueden aumentar la retención de inquilinos y mejorar la productividad de los trabajadores en un 15% debido a su ambiente interior saludable y confortable.

En la tabla 3 se muestra una comparación de los métodos de construcción tradicionales con las nuevas propuestas ambientales con enfoque bioclimático. Esta información permite distinguir la importancia de las mejoras que se están haciendo en la construcción de viviendas, además de resaltar los beneficios que ofrece para la vida en el planeta.

**Tabla 3.** Comparación de los métodos de construcción bioclimáticos con los métodos tradicionales de consumo de energía.

Método de Construcción Bioclimática	Beneficios en Comparación con Dispositivos de Consumo Tradicionales
Ventilación Natural	- Reducción significativa en el consumo de energía para la climatización. - Mejora de la calidad del aire interior sin costo adicional.
Aislamiento Térmico Eficiente	- Menor consumo de energía para la calefacción y la refrigeración. - Mayor confort térmico y reducción de pérdidas de calor o ganancia de calor no deseadas.
Uso de Materiales Sostenibles	- Menor impacto ambiental en la fabricación y el transporte de materiales. - Promoción de prácticas de construcción sostenible y reciclaje.
Diseño Solar Pasivo	- Reducción significativa en la demanda de energía para calefacción y refrigeración. - Aprovechamiento de la energía solar para el confort térmico.
Sistemas de Recuperación de Calor	- Aprovechamiento del calor residual de la ventilación o los procesos industriales. - Reducción de la demanda de calefacción y refrigeración.
Tecnologías Solares	- Generación de energía eléctrica o térmica a partir de fuentes renovables. - Reducción de la dependencia de combustibles fósiles.
Control Automatizado de Edificios	- Optimización continua de sistemas de climatización e iluminación. - Ahorro de energía y mejora del confort sin necesidad de intervención manual.
Diseño Bioclimático Integral	- Enfoque holístico que combina múltiples estrategias para maximizar la eficiencia energética y el confort. - Reducción general del consumo de energía y costos operativos.

## CONCLUSIONES

1. Las construcciones bioclimáticas pueden reducir significativamente el consumo de energía para la calefacción y la refrigeración en comparación con los edificios convencionales. En promedio, se ha observado una reducción del 40-60% en el consumo de energía.
2. La inversión en aislamiento térmico eficiente puede resultar en ahorros considerables. Un estudio encontró que cada dólar invertido en aislamiento puede generar un retorno de inversión de hasta \$4 en ahorros energéticos a lo largo de la vida útil del edificio.
3. La incorporación de sistemas de ventilación natural puede mejorar significativamente la calidad del aire interior y reducir los costos de operación. Se ha documentado un aumento del 20-30% en la calidad del aire en edificios bioclimáticos en comparación con edificios convencionales.
4. El diseño solar pasivo, que aprovecha la radiación solar para el calentamiento pasivo, puede reducir la demanda de calefacción en un 20-50% en climas fríos, y la demanda de refrigeración en un 15-50% en climas cálidos.
5. Los edificios bioclimáticos certificados, como los estándares Passivhaus, han demostrado mantener temperaturas interiores cómodas incluso en condiciones extremas. En un caso de estudio, una vivienda Passivhaus mantuvo una temperatura interior promedio de 20°C durante una ola de calor exterior con temperaturas de 37°C.

6. La implementación de tecnologías solares, como paneles fotovoltaicos, puede generar suficiente energía para satisfacer las necesidades del edificio y generar un excedente. Algunos edificios bioclimáticos pueden lograr una autosuficiencia energética del 100%.
7. El uso de materiales sostenibles en la construcción bioclimática puede reducir la huella de carbono del edificio. Un edificio construido con materiales sostenibles puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en más de 100 toneladas durante su vida útil.
8. Los sistemas de recuperación de calor en sistemas de ventilación pueden recuperar hasta el 80% del calor del aire de extracción, lo que reduce la demanda de calefacción en invierno y la refrigeración en verano.
9. El diseño bioclimático integral, que combina múltiples estrategias, puede lograr una reducción del 50% o más en los costos de energía y una disminución significativa en la huella de carbono del edificio.
10. Las construcciones bioclimáticas ofrecen beneficios económicos a largo plazo. Un análisis de costos de ciclo de vida ha demostrado que los edificios bioclimáticos pueden ahorrar hasta un 30% en costos totales a lo largo de su vida útil en comparación con los edificios convencionales.

## REFERENCIAS

- [1] A. T. Nguyen and S. Reiter, "Bioclimatism in architecture: An evolutionary perspective," *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, vol. 12, no. 1, pp. 16–29, 2017, doi: 10.2495/DNE-V12-N1-16-29.
- [2] Ken Yeang and Llewelyn Davies Yeang, "Ecoskyscrapers and Ecomimesis: New tall building typologies".
- [3] C. Chongdong, "Model design and analysis of the evaluation system of regional characteristics of green buildings," *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, vol. 55, no. 19, pp. 1–8, 2017.
- [4] J. Victoria, S. A. Mahayuddin, W. A. Z. W. Zaharuddin, S. N. Harun, and B. Ismail, "Bioclimatic Design Approach in Dayak Traditional Longhouse," in *Procedia Engineering*, 2017, pp. 562–570. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.215.
- [5] B. Bajčinovci, "Ecological architecture in response over the centuries. A case study: Ulqin of Adriatic sea," *Ecology, Environment and Conservation*, vol. 23, no. 2, pp. 740–743, 2017.
- [6] F. Yusta-Garcia, C. Semidor, and D. Bruneau, "Passive architecture in very hot climate: A simple and flexible bioclimatic approach for architects," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017*, 2017, pp. 4445–4452.
- [7] M. Davidová, "Breathing artifacts of urban bioclimatic layers for post-anthropocene urban environment," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 20, 2021, doi: 10.3390/su132011307.
- [8] N. Č. Ignjatović, A. Vranješ, D. Ignjatović, D. Milenić, and O. Krunić, "Sustainable modularity approach to facilities development based on geothermal energy potential," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 6, 2021, doi: 10.3390/app11062691.
- [9] F. Fedorik, R. Heikkilä, T. Makkonen, and A. Haapala, "Integration of structural health control in BIM for Current and future residential buildings," in *ISARC 2017 - Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 2017, pp. 134–139. doi: 10.22260/isarc2017/0018.
- [10] A. Moreno-Rangel, "Passivhaus," *Encyclopedia*, vol. 1, no. 1, pp. 20–29, Dec. 2020, doi: 10.3390/encyclopedia1010005.
- [11] C. Chongdong, "Model design and analysis of the evaluation system of regional characteristics of green buildings," *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, vol. 55, no. 19, pp. 1–8, 2017.



- [12] S. Hong, Y. Tang, X. Zhang, S. Wang, and Z. Zhang, "Multiple orientations research on heat transfer capabilities of ultra-thin loop heat pipes with various channel configurations," *Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin*, vol. 62, no. 7, pp. 721–729, 2017, doi: 10.1360/N972016-00036.
- [13] G. Cantuária, B. Marques, J. P. Silva, and M. C. Guedes, "Low energy, low-tech building design for the extreme cold of antarctica," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive*, PLEA 2017, 2017, pp. 3906–3913.
- [14] A. Trombadore, M. Sala, and P. P. Congiatu, "Sustainable eco-architecture for Sustainable eco-tourism: The Strategic Plan and pilot projects of Asinara Island," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive*, PLEA 2017, 2017, pp. 4357–4364.
- [15] L. Pajek and M. Košir, "Can building energy performance be predicted by a bioclimatic potential analysis? Case study of the Alpine-Adriatic region," *Energy Build*, vol. 139, pp. 160–173, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.01.035.
- [16] A. Holstov, G. Farmer, and B. Bridgens, "Sustainable materialisation of responsive architecture," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 3, 2017, doi: 10.3390/su9030435.
- [17] D. Craig and R. Schiano-Phan, "Limitations of environmental assessment methods for bioclimatic building design," in *Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive*, PLEA 2017, 2017, pp. 393–400.
- [18] G. Scudo, *Shading Architectures—Bioclimatic Approach to "Well Tempered" Civic Spaces*. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-59328-5\_22.
- [19] "<https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec/search/form.uri?display=basic#basic>."

# Estrategia didáctica para mejorar el aprendizaje significativo de Ciencias Naturales

Silvia Alexandra Chancusig Pila  
<https://orcid.org/0009-0006-4510-1931>  
alexandrachancusig71@gmail.com  
Unidad Educativa Willian Blake  
Machachi - Ecuador

Jéssica Monserrate Vélez Loor  
<https://orcid.org/0000-0002-1494-426X>  
jessica.velez@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo - Ecuador

Recibido (14/06/2023), Aceptado (22/10/2023)

**Resumen:** El propósito de la presente investigación consistió en evaluar la efectividad de la integración de experimentos caseros como una estrategia didáctica en el programa de estudios de Ciencias Naturales, dirigida a estudiantes de primaria. El estudio adoptó un enfoque mixto y se llevó a cabo utilizando una muestra de 24 estudiantes, quienes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos de 12 cada uno. Uno de estos grupos recibió la instrucción convencional, mientras que al otro se le introdujeron cuatro experimentos caseros en dos unidades. Para evaluar la incidencia de los experimentos caseros, se implementaron pruebas pre y post-test como estrategia de medición. El diseño experimental empleado fue un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con un total de doce repeticiones. Los resultados obtenidos indicaron que la inclusión de experimentos caseros tuvo un impacto positivo en el proceso de aprendizaje. Además, facilitaron la conexión entre los conceptos teóricos y situaciones en la vida cotidiana.

**Palabras clave:** Experimento casero, aprendizaje colaborativo, ciencias naturales.

Didactic strategy to improve the significant learning of Natural Sciences

**Abstract.-** This research evaluated the effectiveness of integrating home experiments as a didactic strategy in the Natural Sciences curriculum aimed at primary school students. The study took a mixed approach and was conducted using a sample of 24 students randomly assigned to two groups of 12 each. One of these groups received conventional instruction, while the other was introduced to four home experiments in two units. Pre- and post-test tests were implemented as a measurement strategy to evaluate the incidence of home experiments. The experimental design was a Completely Randomized Design (DCA) with twelve replications. The results obtained indicated that the inclusion of home experiments had a positive impact on the learning process. In addition, they facilitated the connection between theoretical concepts and situations in everyday life.

**Keywords:** Home experiment, collaborative learning, natural sciences.



## I. INTRODUCCIÓN

La mejora de la enseñanza de Ciencias Naturales en la educación primaria reviste una importancia fundamental en el desarrollo de los estudiantes y en la sociedad en su conjunto. En esta etapa temprana de formación, los niños adquieren las bases de su comprensión del mundo que les rodea, y las Ciencias Naturales desempeñan un papel crucial al fomentar la curiosidad, el pensamiento crítico y la alfabetización científica. Una educación sólida en Ciencias Naturales no solo nutre la apreciación por la naturaleza y el medio ambiente, sino que también sienta las bases para futuros aprendizajes en campos científicos y tecnológicos. Además, el entendimiento de conceptos científicos desde una edad temprana contribuye a la toma de decisiones informadas y al desarrollo de habilidades necesarias para abordar los desafíos ambientales y tecnológicos de la sociedad contemporánea. En última instancia, mejorar la enseñanza de Ciencias Naturales en la primaria es un pilar fundamental para la formación integral de los estudiantes y para el avance de la ciencia y la sociedad en general.

Ante la emergencia sanitaria del COVID-19, forzó a muchos de los docentes a reinventar las estrategias para la enseñanza-aprendizaje de la Ciencias Naturales. En este contexto del COVID 19 las experiencias didácticas en casa cumplieron un rol protagónico con la implementación de nuevas estrategias para la enseñanza y aprendizaje [1]. La idea consistía en que los estudiantes puedan realizar ellos mismo los experimentos con materiales de fácil acceso o caseros en la unidad educativa, ya que la unidad educativa no dispone de infraestructura, materiales y reactivos para las prácticas. De acuerdo con [2], los experimentos científicos caseros son aquellos fáciles de realizar y alcance de todos, sin gastos considerables o el uso de instrumentación específica de laboratorio. Los experimentos caseros son una respuesta y una alternativa que pueden utilizar los docentes para las deficiencias que presenta el sistema educativo. En este sentido, la integración de experimentos caseros en la enseñanza de la asignatura de Ciencias Naturales desempeña un papel esencial en enriquecer la experiencia educativa de los estudiantes. Estos experimentos permiten a los alumnos aplicar los conceptos teóricos de manera práctica, fomentando su comprensión y participación activa en el proceso de aprendizaje. Además, los experimentos caseros generan un entorno de aprendizaje interactivo y motivador, donde los estudiantes pueden explorar, experimentar y descubrir por sí mismos los principios científicos subyacentes. Esta metodología promueve no solo el desarrollo de habilidades científicas y técnicas, sino también el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Los experimentos caseros, al relacionar la teoría con la práctica, contribuyen a formar una base sólida en Ciencias Naturales y a cultivar el interés de los estudiantes por el mundo natural que les rodea.

En el contexto de la enseñanza de Ciencias Naturales, es crucial reconocer que la sociedad y el mundo experimentan transformaciones constantes y cambios significativos que impactan directamente en la educación de la juventud actual. En este sentido, las instituciones educativas deben adaptar sus programas académicos para asegurarse de que la enseñanza esté alineada con los estándares sociales actuales. La educación actual implica la necesidad de ajustarse a los cambios culturales, sociales, laborales y profesionales que caracterizan un mundo en constante evolución. Ecuador no es una excepción en este desafío. Muchas instituciones educativas aún no han adaptado sus enfoques pedagógicos a las nuevas demandas de la sociedad, a menudo manteniendo estrategias que no se ajustan a la realidad y las necesidades de la juventud actual. Es importante comprender que el conocimiento ya no sigue una trayectoria lineal, sino que se encuentra en constante expansión y cambio. Por lo tanto, la actualización y renovación constante de los contenidos y enfoques pedagógicos se tornan esenciales para garantizar una educación relevante y efectiva en Ciencias Naturales [4].

En Ecuador, el Ministerio de Educación ha impulsado una reforma curricular para la Educación Básica Superior desde 2016. Esta reforma enfatiza que los estudiantes deben adquirir habilidades para abordar problemas en diversos contextos y situaciones, y se centra en preparar a los estudiantes tanto para su ingreso a la educación superior como para enfrentar los desafíos de su vida futura. Como resultado, se requiere una transformación en las estrategias educativas, donde los docentes desempeñan un papel fundamental al fomentar el desarrollo de habilidades en los alumnos. Esto implica la implementación de enfoques pedagógicos que integren lo teórico y lo práctico, especialmente en el área de Ciencias, donde la aplicación experimental de conceptos es esencial en el laboratorio. Con estas premisas, resulta importante mencionar que los docentes deben ir más allá de la mera transmisión de conocimientos; tienen la responsabilidad de formar ciudadanos preparados para las demandas de las futuras generaciones. Por lo tanto, es crucial que los docentes estén dispuestos a mantenerse actualizados con los nuevos conceptos requeridos por la sociedad y a enseñar habilidades de pensamiento crítico y valores éticos. En este proceso, las instituciones desempeñan un papel fundamental en la formación de individuos que estén preparados para enfrentar el mundo fuera de los límites de las aulas. Diversos autores sostienen que las escuelas tienen la responsabilidad de inculcar principios y valores en la condición humana [5].

Con estas premisas, en este trabajo se ha propuesto el desarrollo de una estrategia educativa centrada en el uso de experimentos caseros para la enseñanza en la asignatura de Ciencias Naturales, con el propósito de que el aprendizaje en los estudiantes sea más efectivo y significativo. Además, se espera que se desarrolle una mejor motivación en el aula y una mayor integración entre los compañeros. Por tanto, se realizó el estudio en la Unidad Educativa William Blake ubicado en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia Machachi, en Ecuador, donde hay indicios de una formación docente en nuevas tecnologías, de manera que hacen posible la incorporación de nuevas estrategias para fortalecer la actividad docente. En este sentido, algunos autores [6], afirman que las nuevas tecnologías informáticas facilitan la comunicación entre los docentes y los estudiantes, creando un ambiente comunicativo y participativo, con la debida orientación de los profesores, de manera que crear experimentos caseros en la educación en línea será una potencia favorable para la formación en ciencias naturales.

## II. DESARROLLO

### A. Estrategias didácticas

Las estrategias didácticas recomendadas para la enseñanza están enfocadas en alcanzar los objetivos de aprendizaje. En la referencia [7] se afirma que estas habilidades pueden generar en los estudiantes interés por los conocimientos previos aprendidos aun cuando estos no existan. Así mismo, se resalta que los aspectos relevantes en una clase se pueden lograr a través de preguntas, generando entusiasmo y formando un enlace entre los conocimientos anteriormente mencionados en otros temas con los nuevos adquiridos [7]. También, se puede decir que las estrategias de aprendizaje son las habilidades de organización que tienen los estudiantes al momento de adquirir sus conocimientos, ya que permiten impartir los temas de una manera más ágil y atractiva, motivando a que se cree un sentido de pertenencia con las asignaturas al mismo tiempo que se generan vínculos sociales con el entorno académico [8]. Por otra parte, el uso de diferentes estrategias de aprendizaje ayudará al docente a conocer las fortalezas y debilidades de sus estudiantes y de esta manera poder desarrollar mecanismos para su oportuna atención.

Por otro lado, las estrategias de aprendizaje en la asignatura de Ciencias Naturales son fundamentales para que los estudiantes adquieran un entendimiento sólido de los conceptos y fenómenos relacionados con la naturaleza y el mundo que les rodea. Algunas estrategias efectivas que los docentes y estudiantes pueden emplear para mejorar el aprendizaje en esta asignatura son:

**Observación y experimentación:** Fomentar la observación directa y la realización de experimentos prácticos es esencial en Ciencias Naturales. Los estudiantes pueden aprender mucho más cuando ven fenómenos en acción y participan en experimentos que les permiten explorar conceptos científicos.

**Uso de recursos visuales:** La ciencia natural a menudo involucra conceptos complejos y abstractos. El uso de diagramas, gráficos, fotografías y videos puede ayudar a los estudiantes a comprender y recordar mejor los conceptos científicos.

**Lectura crítica:** Enseñar a los estudiantes a leer de manera crítica los textos científicos es esencial. Esto implica la identificación de la información clave, la evaluación de la fuente y la comprensión de la metodología utilizada en investigaciones científicas.

**Aplicación de la metodología científica:** Los estudiantes deben entender cómo se lleva a cabo la investigación científica. Esto incluye la formulación de hipótesis, la recopilación de datos, el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones. Practicar estos pasos fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

**Trabajo en equipo y discusión:** Fomentar la colaboración entre estudiantes para resolver problemas y discutir conceptos científicos puede ser muy beneficioso. Esto promueve el pensamiento crítico y la capacidad de comunicar ideas de manera efectiva.

**Uso de la tecnología:** La tecnología puede ser una herramienta poderosa en Ciencias Naturales. Los estudiantes pueden utilizar simulaciones, software de modelado, bases de datos científicas en línea y recursos educativos digitales para explorar conceptos de manera interactiva.

**Relación con experiencias personales:** Conectar los conceptos científicos con la vida cotidiana de los estudiantes puede hacer que el aprendizaje sea más relevante y significativo. Pueden relacionar lo que aprenden en clase con sus propias observaciones y experiencias.

**Resolución de problemas auténticos:** Plantear a los estudiantes problemas del mundo real relacionados con Ciencias Naturales les permite aplicar su conocimiento y desarrollar habilidades de resolución de problemas.

**Evaluación formativa:** Proporcionar retroalimentación constante a los estudiantes a medida que avanzan en su aprendizaje es esencial. Esto les ayuda a identificar áreas de mejora y a ajustar sus estrategias de estudio.

**Proyectos de investigación:** Fomentar proyectos de investigación en los que los estudiantes elijan un tema que les interese y realicen investigaciones autónomas puede ser una forma efectiva de profundizar en el conocimiento y desarrollar habilidades de investigación.

Las estrategias de aprendizaje en Ciencias Naturales deben fomentar la observación, la experimentación, el pensamiento crítico y la aplicación de la metodología científica. También es importante hacer que el aprendizaje sea relevante y significativo para los estudiantes, conectando los conceptos científicos con su vida cotidiana.

#### B. Modelos de estrategias didácticas

La psicología forma parte de la estrategia que se utiliza para el logro de los objetivos en la enseñanza por métodos didácticos, siendo fundamental para el logro de las transformaciones educativas. Se pueden señalar algunos modelos:

Modelo didáctico normativo: este modelo se ocupa de los métodos que son prácticos, también es conocido como pasivo y tradicional, en este modelo el profesor solo explica y expone sus ideas y opiniones en un aula de clases, mientras el estudiante solo se limita a escuchar, recordar por medio de la repetición, sus creadores fueron Dewey, Frederick Skinner y Juan Amos Comenio. Este modelo, por ser pasivo pudiera permitir el castigo físico, así también no permite el uso de la creatividad, los estudiantes aprenden a memorizar incluso si no han entendido el tema.

Modelo didáctico incitativo: este modelo didáctico también llamado germinal surgió en el siglo XIX, como lo opuesto al modelo tradicional ya que está centrado en el alumno y no en el profesor [9]. En este método el estudiante demuestra sus habilidades y destrezas a través de su participación en el aula, descubriendo su potencial con la orientación que el docente le ofrece, proporcionando ayuda y facilidades a la solución de sus problemas, siendo los mismos estudiantes protagonistas de la solución de situaciones que bien pueden darse en la vida cotidiana, preparándolos de esta manera al mundo real.

#### C. Las ciencias experimentales como un modelo incitativo

Las ciencias experimentales se consideran exactas, es decir que se debe cumplir el método científico. Las ciencias experimentales son dinámicas, en otras palabras, crece y tiene un desarrollo constante. Además, las ciencias experimentales, tienen relación con las demás ciencias y con la sociedad. Las técnicas didácticas no son suficientes para reforzar el aprendizaje, por lo tanto, es necesario utilizar otros medios como el trabajo práctico que de sentido a lo explicado en las clases teóricas y motiven el desarrollo de habilidades en los estudiantes [10]. Algunos especialistas [11], sostienen que para que el aprendizaje sea potencialmente significativo debe tener intencionalidad y racionalidad sustancial, donde las prácticas experimentales tengan un enfoque didáctico para la construcción de un conocimiento científico. Las prácticas escolares permiten al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad. Lo que se busca a través de ellas es que los estudiantes puedan elaborar explicaciones teóricas de los hechos del mundo y puedan actuar con criterio científico. Ciertamente, no se busca realizar experimentación científica y formar científicos, puesto que las metas entre ambas actividades son diferentes [12].

#### D. Métodos de investigación científica

Los métodos de investigación son fundamentales para la recolección y análisis de datos [13]. En la actualidad existen tres enfoques y/o métodos en la investigación que son cualitativo (interpretativo), cuantitativo y mixto. Por un lado, el método cualitativo, describe la conducta de los sujetos involucrados en la investigación de forma inductiva, es decir partiendo de lo específico a lo general. También, toma en cuenta la naturaleza social e individual de los investigados [13]. Así mismo, la investigación cualitativa toma en cuenta las cualidades, sentimientos y pensamientos del sujeto. En este método no se utilizan análisis estadísticos detallados.

### III. METODOLOGÍA

#### A. Muestra

Este trabajo se llevó a cabo con 24 estudiantes de noveno grado de la Unidad Educativa William Blake de la ciudad de Machachi, Pichincha, Ecuador. Los estudiantes de noveno grado fueron divididos en dos grupos de 12 estudiantes cada uno, elegidos de forma aleatoria (Fig. 1), de manera que así conforman el grupo de control y experimental. Al grupo de control se le impartieron las clases habituales. Mientras que, al grupo de estudiantes del grupo experimental se les incorporaron cuatro experimentos caseros. Por su parte, las clases habituales consistieron en una explicación teórico-práctica realizada en la pizarra del aula, con las orientaciones docentes tradicionales, de manera que el estudiante debía prestar atención a las explicaciones, seguir las indicaciones y hacer evaluaciones clásicas.



Fig. 1. Proceso metodológico empleado

Los experimentos caseros estuvieron asociados al tema de tejidos de los seres vivos y en la y el ser humano y la salud (Tabla 1), para reforzar los conocimientos de los estudiantes.

Tabla 1. Experimentos caseros realizados.

Experimento casero	Descripción	Objetivo
El tejido animal	El experimento consistió en observar e identificar las partes del tejido en muslos, alas y patas de pollo. Los estudiantes llevaron un reporte de lo observado, considerando aspectos como: textura, color, forma, entre otros.	Reconocer las partes del tejido animal
Almidón y glucosa	Determinar el contenido de almidón en diferentes alimentos utilizando yodo. Para ello se suministró solución de yodo a los alimentos, de manera que los estudiantes observaran el cambio de color y con ello concluyeran la presencia o no de almidón	Observar la presencia de almidón en los alimentos, a través del cambio de pigmentación.
Medios de cultivo	El experimento consistió en elaborar un agar casero utilizando gelatinas sin sabor y caldo en cubos. Para esto el estudiante debía mezclar el caldo de pollo con la gelatina y calentar, luego observar tomando en cuenta las formas, colores, y el movimiento.	Analizar la formación de bacterias en medios de cultivo
Microorganismos	El experimento consistió en introducir artificialmente una porción de muestra (inóculo) en un medio adecuado, con el fin de iniciar un cultivo microbiano, para su desarrollo y multiplicación.	Reconocer la presencia de bacterias

Las técnicas que se utilizaron en esta investigación fueron la observación, evaluación escrita o test y la encuesta. Los instrumentos de medición para la técnica de evaluación escrita fue un cuestionario de 10 preguntas, en tanto que el instrumento para la técnica de la encuesta fue un cuestionario de cinco preguntas [14], [15].

#### B. Análisis estadístico

Para poder contrastar el aprendizaje entre el grupo de control y el experimental se realizó una evaluación previa antes de iniciar la unidad o los experimentos. Mientras que en el caso del grupo de tratamiento se elaboró un "pre test" y una evaluación posterior al finalizar la actividad y así mismo, posterior a los experimentos en el grupo experimental se elaboró un "pos test". Este proceso es importante para establecer un punto de referencia y medir el efecto de los experimentos caseros en el aprendizaje de la asignatura.

Para la asignación de tratamientos (grupos de control y experimental) se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con dos tratamientos y 12 repeticiones, bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + N_i + e_{ij} \quad (1)$$

Donde  $Y_{ij}$  es el rendimiento de grupo,  $\mu$  es la media general,  $N_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento y  $e_{ij}$  es el error experimental.

Para comprobar si existen diferencias estadísticas entre el pre test y pos test, se realizó un análisis de la varianza (ANDEVA). Para la separación de medias de las notas se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ . Los análisis se realizaron con el software estadístico InfoStat versión 2020. Los supuestos del análisis de la varianza (normalidad y homocedasticidad) fueron validados con el análisis de varianza. De esta manera, la variable de notas de la primera actividad no cumplió con el supuesto de homocedasticidad, por lo tanto, fue transformada a la función potencia cuadrática para su análisis.

#### A. Primera Actividad

El ANDEVA del pre test y post de la primera unidad mostró que existen diferencias significativas entre los estudiantes de los grupos de control y experimental ( $F1, 22=5,39$ ;  $p= 0,03$ ), y de acuerdo con la prueba de Tukey los estudiantes del grupo experimental obtuvieron una calificación significativamente mayor con  $8,58 \pm 0,85$  puntos en comparación a los estudiantes del grupo control  $7,29 \pm 1,62$  (Tabla 2).

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de los grupos evaluados.

Grupo	Medias*	Coficiente de variación	Mínimo	Máximo
Experimental	8,56±0,85 a	9,90	7,15	9,70
Control	7,29±1,62 b	21,98	4,80	9,70

\*Letras distintas entre grupos indican diferencias significativas según la prueba de Tukey,  $\alpha=0,05$ .



## A. Segunda actividad

El ANDEVA para las notas de las evaluaciones mostraron diferencias significativas entre los estudiantes de los grupos de control y experimental ( $F_{1, 22} = 10,08$ ;  $p = 0,004$ ). De acuerdo con la prueba de Tukey, los estudiantes del grupo experimental obtuvieron una calificación significativamente mayor con  $9,03 \pm 0,73$  puntos que los estudiantes del grupo de control con  $8,58 \pm 0,85$  puntos (Tabla 3).

**Tabla 3.** Estadística descriptiva para el segundo experimento.

Grupo	Medias*	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo
Experimental	$9.03 \pm 0.73$ a	8.08	7.70	10.00
Control	$8.58 \pm 0.85$ b	9.90	7.15	9.70

\*Letras distintas entre grupos indican diferencias significativas según la prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ .

Uno de los propósitos de los laboratorios en la asignatura de ciencias naturales es la de poder integrar a los estudiantes y los docentes, y juntos poder experimentar y comprobar las teorías expuestas en clase y así desarrollar un pensamiento reflexivo ante la vida cotidiana y el desarrollo personal o como ser humano [18].

## IV. RESULTADOS

### A. Primer experimento (tejido animal)

En el primer experimento (El tejido animal), los estudiantes del grupo experimental mostraron gran interés, ya que, por medio de la observación y el tacto, lograron identificar visualmente y palpar los tejidos epitelial, adiposo, muscular, conectivo, óseo y sanguíneo. Además, consiguieron generar destrezas y habilidades de anatomía. En cambio, los estudiantes del grupo de control mostraron menos interés y fue menos participativa la clase, ya que no pudieron asociar la teoría y las imágenes con situaciones reales. El propósito de los experimentos de laboratorio es lograr que los estudiantes puedan alcanzar objetivos de naturaleza procedimental y actitudinal, además de los objetivos inherentes del trabajo experimental [16], [17].

Las practicas experimentales de medios de cultivo y microorganismos permitió que los estudiantes tengan conciencia que podemos encontrar microorganismos como las bacterias en todos los ambientes. Además, se identificaron bacterias en el muestreo que pueden ser perjudiciales para la salud humana. Las prácticas de laboratorio caseras de medios de cultivo y microorganismos permitieron mejorar la metodología de enseñanza, que de acuerdo con la encuesta realizada a los estudiantes solo el 33 % respondió que entendía las explicaciones dadas por el docente.

### B. Segundo experimento: Verificación de almidón y glucosa en alimentos

Por otro lado, con el experimento casero de verificación de almidón y glucosa con una solución de yodo en alimentos como: agua, carne de res, pan, embutidos (mortadela y salchichas) y papa, los estudiantes pudieron diferenciar cuáles alimentos contienen almidón. También comprobaron que el contenido de almidón en embutidos como la mortadela y salchichas puede variar dependiendo de la calidad. Al mismo tiempo, este experimento casero permitió concientizar a los estudiantes sobre una alimentación saludable. La educación científica debe abordar diversos temas relacionados con el diario vivir de los estudiantes [19], donde el docente tiene un rol fundamental en facilitar y generar ambientes o escenarios incentivando a los estudiantes a investigar y solucionar problemas sociales.

El experimento casero de verificación de almidón y glucosa con una solución de yodo en varios alimentos (agua, carne de res, pan, mortadela, salchichas y papa) revela una faceta fascinante de la Ciencia de los Alimentos y la Química. Al abordar este experimento, los estudiantes no solo descubren diferencias fundamentales en la composición química de los alimentos, sino que también se adentran en cuestiones técnicas y científicas cruciales. El empleo de una solución de yodo como reactivo es un ejemplo de química analítica en acción. El yodo es conocido por reaccionar de manera específica con el almidón, generando un característico cambio de color que va desde el marrón al azul oscuro o violeta, dependiendo de la concentración de almidón presente. Esta reacción se basa en la formación de inclusiones, donde el almidón actúa como un anfitrión y el yodo como un huésped, creando un complejo coloreado. A medida que los estudiantes aplican este reactivo a diferentes alimentos, están poniendo en práctica conceptos de química analítica cuantitativa. La intensidad de la coloración revela la cantidad relativa de almidón en cada muestra, lo que a su vez puede llevar a discusiones sobre la calidad de los alimentos y la variabilidad en el contenido de almidón en productos como la mortadela y las salchichas. Esto desencadena un análisis cualitativo y cuantitativo de la composición química de los alimentos, que es esencial en la Ciencia de los Alimentos.

El experimento también es una puerta de entrada para discutir la relación entre la química de los alimentos y la alimentación saludable. Al identificar qué alimentos contienen almidón, los estudiantes se vuelven más conscientes de la importancia de una dieta equilibrada y de cómo ciertos alimentos pueden contribuir o no a una alimentación saludable. La educación científica no se limita solo a la adquisición de conocimientos abstractos, sino que también se enfoca en cuestiones tangibles y relevantes para la vida cotidiana. El papel del docente en este contexto es fundamental. No solo guía a los estudiantes a través del experimento, sino que también les motiva a explorar, investigar y comprender los problemas relacionados con la alimentación y la calidad de los alimentos. De esta manera, se fomenta un enfoque científico y crítico para abordar cuestiones sociales y cotidianas, lo que contribuye al desarrollo integral de los estudiantes y a su capacidad para aplicar el conocimiento científico en su vida diaria.

### C. Tercer experimento: Agar casero

El experimento de elaborar un agar casero utilizando gelatina sin sabor y caldo de pollo es un ejemplo intrigante de cómo la ciencia puede adentrarse en la cocina y la microbiología. Este proceso implica una serie de aspectos técnicos y científicos que hacen que la experiencia sea educativa y enriquecedora. El agar, un polisacárido extraído de las algas marinas, es un medio de cultivo ampliamente utilizado en microbiología para el crecimiento y estudio de microorganismos, como bacterias y hongos. En este experimento casero, la gelatina sin sabor actúa como un sustituto accesible y económico del agar, lo que permite a los estudiantes simular un ambiente de cultivo microbiológico en su propia cocina.

El proceso de elaboración implicó la mezcla de caldo de pollo con la gelatina y su posterior calentamiento. Aquí entramos en el terreno de la microbiología y la química. El caldo de pollo sirve como fuente de nutrientes que los microorganismos necesitan para crecer, mientras que la gelatina proporciona la estructura del medio, permitiendo que los microorganismos se desarrollen de manera ordenada. El calentamiento, por otro lado, es esencial para disolver la gelatina y esterilizar el medio, evitando la contaminación no deseada por microorganismos que no sean los que se desean estudiar. Una vez que el medio de agar casero se ha preparado y enfriado, es el momento de observar. Aquí es donde entra en juego la microbiología y la observación científica. Los estudiantes deben analizar las placas de agar en busca de formas, colores y movimientos. Estas observaciones pueden revelar la presencia y el crecimiento de microorganismos en el medio.

Las colonias de bacterias o hongos pueden tener diferentes colores y texturas, y su forma y movimiento pueden ser indicativos de su tipo y características. La observación de cómo las colonias crecen y se desarrollan en el agar casero proporciona una introducción a la microbiología, ya que permite a los estudiantes explorar conceptos como el crecimiento bacteriano, la diversidad microbiana y las técnicas de observación microscópica. Este experimento casero, aparentemente simple, involucra conceptos científicos y técnicos relacionados con la microbiología y la química. Permite a los estudiantes experimentar cómo se crea un medio de cultivo, cómo se esteriliza y cómo se utilizan las observaciones para aprender sobre los microorganismos presentes. Además, fomenta la curiosidad científica y la comprensión de la importancia de los medios de cultivo en la investigación microbiológica.

#### D. Cuarto experimento: microorganismos

El experimento de introducir artificialmente una porción de muestra (inóculo) en un medio adecuado es un proceso crucial en microbiología que implica una serie de elementos técnicos y científicos esenciales. Esto es más que una simple operación; es un paso fundamental en la investigación y estudio de microorganismos, y puede desglosarse en varios componentes clave. En primer lugar, la elección de la muestra inócua es una decisión científica importante. El inóculo contenía una variedad de microorganismos, como bacterias, hongos, virus u otros. Cada tipo de microorganismo tiene requisitos específicos para su crecimiento, por lo que seleccionar la muestra correcta es esencial.

El medio adecuado al que se introduce el inóculo es igualmente crucial. Los medios de cultivo se diseñan cuidadosamente para proporcionar los nutrientes y condiciones necesarias para el crecimiento de los microorganismos. Estos medios pueden ser sólidos, como el agar, o líquidos, y pueden variar en composición según el tipo de microorganismo que se esté cultivando. La formulación precisa del medio es un componente técnico importante del experimento. Una vez que se introdujo el inóculo en el medio de cultivo, se inició el proceso de cultivo microbiano. Esto involucró la replicación de microorganismos a partir de la pequeña muestra inicial. El crecimiento microbiano implicó la división celular y la formación de colonias o poblaciones que son visibles a simple vista.

El cultivo microbiano es esencial para una variedad de aplicaciones científicas, como la identificación de patógenos, la producción de productos biotecnológicos y la investigación en microbiología ambiental. La multiplicación de microorganismos en el medio adecuado permitió el estudio y análisis de su comportamiento, metabolismo, genética y otros aspectos importantes. El experimento desarrollado es un paso crucial en la microbiología y por ende en las ciencias naturales. Implicó decisiones científicas relacionadas con la selección de la muestra y la elección del medio, así como procesos técnicos para asegurar un crecimiento microbiano adecuado. Esta técnica es fundamental para una amplia gama de investigaciones y aplicaciones científicas que involucran el estudio de microorganismos.

## CONCLUSIONES

Los experimentos caseros mostraron ser una estrategia didáctica importante para el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Ciencias Naturales. Además, los experimentos caseros lograron reforzar los conocimientos teóricos de los estudiantes y por lo tanto mejorar sus calificaciones. Esta experiencia consiguió vincular el aprendizaje teórico-práctico con situaciones reales donde el estudiante soluciona las interrogantes que se le presentan de forma autónoma.

Los experimentos caseros se han convertido en verdaderos "magos" en el mundo de la educación, especialmente en la asignatura de Ciencias Naturales. Como si fueran portales mágicos hacia el mundo de la ciencia, estos experimentos han demostrado ser una estrategia didáctica de gran relevancia para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con este tipo de experiencias los estudiantes se convierten en intrépidos científicos, llevando a cabo experimentos en la comodidad de sus hogares. No solo se sienten como verdaderos exploradores del conocimiento, sino que también experimentan una mejora en sus calificaciones. Los experimentos caseros no solo son emocionantes, sino que también funcionan como un refuerzo perfecto para los conocimientos teóricos.

En esencia, los experimentos caseros conectan el aprendizaje teórico con la práctica del mundo real. En lugar de simplemente asimilar conceptos abstractos, los estudiantes se enfrentan a situaciones reales, donde deben resolver interrogantes de manera autónoma. Además, los experimentos caseros no solo hacen que los estudiantes se sientan como científicos en acción, sino que también les permiten aplicar lo que han aprendido en situaciones con las que se encuentran en su vida cotidiana. Así, los experimentos caseros se convierten en un puente interesante que conecta la teoría con la práctica, fomentando el pensamiento crítico y la independencia intelectual. Esta experiencia no solo es educativa, sino también inspiradora, ya que muestra a los estudiantes que pueden ser los protagonistas de su propio viaje de descubrimiento en el mundo de las Ciencias Naturales.

## REFERENCIAS

- [1] C. J. Cardozo, E. F. Amórtegui y O. S. Sanabira, «¿Cuáles son los aportes de las experiencias didácticas en casa hacia la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en el marco de la emergencia sanitaria por Covid-19? Una revisión documental en la región sur del país,» *Revista Latinoamericana de Educación Científica Crítica y Emancipadora*, vol. 1, nº 1, pp. 302-318, 2022.
- [2] J. Cuello y A. M. Vidal, *Obrador d'experiments*, Barcelona: Grao, 1990.
- [3] J. Tejada, «www.digibug.ugr.es,» 2000. [En línea]. Available: URI: <http://hdl.handle.net/10481/18983>.
- [4] P. Perrenoud, «La Formación de los Docentes en el Siglo XXI,» *Revista de Tecnología Educativa*, nº 03, 2001.
- [5] L. Granda, E. Espinoza y S. Mayon, «www.sld.cu,» 2019. [En línea]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442019000100104&script=sci\\_arttext&lng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442019000100104&script=sci_arttext&lng=en).
- [6] N. Gaspar, «Estrategias de Enseñanza para un aprendizaje significativo,» *Revista electrónica en Ciencias Sociales y Humanidades Apoyadas por Tecnologías*, vol. 1, nº 1, 2012.
- [7] V. Antonio, B. Lozano, G. Ramón y N. José, «LAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE. REVISION TEORICA y CONCEPTUAL,» *Revista Latoniamericana de Psicología*, vol. 31, nº 3, 1999.
- [8] Burbujas en educación, «burbujaseneducacion.blogspot.com,» 25 Abril 2015 . [En línea]. Available: <http://burbujaseneducacion.blogspot.com>.
- [9] A. Palacio y J. Campoverde, *Las prácticas de laboratorio en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Ciencias Naturales Bloque 4 correspondiente al 10mo año EGB "A" y "B" del Instituto Educativo Shyris-Valdivia, año lectivo 2015-2016.*, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016.
- [10] H. Dirik y H. Arslan, «Investigation of school dropout among secondary school institution,» *Advances in global education and research*, vol. 4, nº 1, pp. 1-8, 2021.
- [11] M. Orrego, A. M. López y Ó. Tamayo, «Modelos de inflamación en estudiantes universitarios,» *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. 8, nº 1, 2012.

- [12] J. C. Lisboa, «Apuntes sobre métodos de investigación,» Notes on Research Methods, vol. 14, nº 1, pp. 81-83, 2016.
- [13] A. Aguado y A. Campo, «Desarrollo de competencias científicas en Biología con la Metodología del Aprendizaje Basado en Problemas en estudiantes de noveno grado,» Bio-Investigaciones, vol. 11, nº 20, pp. 67 - 78, 2017.
- [14] A. M. Bautista, Experimentos Caseros del Área de Ciencias Naturales en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en décimo año de Educación Básica, Unidad Educativa "Eugenio Espejo", D.M, de Quito, 2021-2021., Quito: Universidad Central del Ecuador, 2022.
- [15] J. M. Fernandez, Prácticas de laboratorio en Ciencias Naturales, Santa Marta: Universidad de Magdalena, 2001.
- [16] A. López y O. Tamayo, «Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias,» Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, vol. 8, nº 1, pp. 145-166, 2012.
- [17] C. Amador, E. Gonzáles y A. López, «Incidencia del laboratorio de Ciencias Naturales en los estudiantes de URACCAN,» Revista Universitaria del Caribe, vol. 22, nº 1, pp. 124-146, 2019.
- [18] A. Cárdenas, C. Sánchez, I. Perdomo, E. Amortegui y J. Mosquera, «Relaciones CTSA y prácticas de laboratorio artesanales: una revisión de antecedentes y construcción del problema en los contextos rurales del departamento de Huila,» Revista Bio - Graña, edición extraordinaria, pp. 1907-1916, 2019.
- [19] F. Barriga y G. Hernández, «www.academia.edu,» 1999.
- [En línea]. Available: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53051798/EstratDocParaUnAprendSignif-libre.pdf?1494305898=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEstrat\\_Doc\\_Para\\_Un\\_Aprend\\_Signif.pdf&Expires=1678490141&Signature=f0W7OoPC3PtNfUxHeP7xtdkqLDOPPaeYnRjO5ZBh69](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53051798/EstratDocParaUnAprendSignif-libre.pdf?1494305898=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEstrat_Doc_Para_Un_Aprend_Signif.pdf&Expires=1678490141&Signature=f0W7OoPC3PtNfUxHeP7xtdkqLDOPPaeYnRjO5ZBh69).
- [20] Visual Educa, «visualeduca.blogspot.com,» 18 Enero 2015.
- [En línea]. Available: <http://visualeduca.blogspot.com>.
- [21] C. Collazos y J. Mendoza, «Cómo aprovechar el aprendizaje colaborativo en el aula,» Educación y Educadores, vol. 9, nº 2, 2006.
- [22] M. Fernandez, J.-N. Garcia, A. Fuertes, R. Fidalgo y O. Arias , «El aprendizaje basado en problemas: revisión de estudios empíricos internacionales,» Revista de Educación, 2006, nº 341, 2006.

# Análisis del nivel de satisfacción a partir de la experiencia de aprendizaje

Ana Chacón

<https://orcid.org/0000-0003-3382-5407>  
ana.chacon@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Víctor Marquez

<https://orcid.org/0000-0003-2458-2415>  
victor.marquez@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Emanuel Muñoz

<https://orcid.org/0000-0002-2933-9409>  
emanuel.munoz@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Francisco Cedeño

<https://orcid.org/0000-0001-7545-2472>  
francisco.cedeno@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (30/07/2023), Aceptado (27/10/2023)

**Resumen:** En este estudio descriptivo se investigó el grado de satisfacción de los estudiantes en actividades de vinculación con la comunidad, utilizando la experiencia de aprendizaje a través del servicio. La muestra consistió en 30 estudiantes y se utilizó el análisis de contenido y el estudio descriptivo de datos como principales técnicas de análisis. Los resultados destacados revelaron que la participación en actividades de vinculación permite a los estudiantes adquirir destrezas y habilidades para su incorporación con entornos sociales. Se observó además que existe un alto grado de satisfacción con los procesos realizados y con las competencias adquiridas, y la relación de los conceptos con las experiencias prácticas, mostrando menos satisfacción en los procedimientos realizados. Estos resultados revelan que la experiencia es gratificante pero aun existen aspectos que pueden ser mejorados.

**Palabras clave:** Satisfacción, proyecto de vinculación, aprendizaje, servicio.

Analysis of the satisfaction level based on the learning experience

**Abstract.-** In this descriptive study, the degree of satisfaction of students in community engagement activities was investigated using the experience of learning through service. The sample consisted of 30 students, and content analysis and descriptive data study were used as the main analysis techniques. The outstanding results revealed that bonding activities allow students to acquire skills and abilities for incorporation into social environments. It was also observed that there is a high degree of satisfaction with the processes carried out and the competencies acquired, and the relationship of the concepts with the practical experiences shows less satisfaction in the procedures carried out. These results reveal the rewarding experience, but some aspects can still be improved.

**Keywords:** Satisfaction, linkage project, learning, service.



## I. INTRODUCCIÓN

La satisfacción se entiende como una reacción positiva que experimenta una persona al interactuar con un producto o servicio. También puede ser considerada como un estado emocional que surge a partir de cómo se evalúa ese producto o servicio. Algunos expertos la describen como una respuesta emocional que se forma a partir de un proceso de pensamiento y análisis [1]. En Europa, se han observado signos de la implementación formal de metodologías de Aprendizaje-servicio (ApS) a partir del año 2000, con la creación de diversas organizaciones. En el año 2002, se estableció el Higher Education Active Community Fund, seguido en el 2005 por el proyecto Service Learning: Dialogue between Universities and Communities (Proyecto Leonardo: CIVICUS), entre otras iniciativas similares. En el año 2010, se llevó a cabo el Encuentro sobre ApS y Universidad, organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Barcelona. Estas acciones demuestran el creciente interés y compromiso de las instituciones educativas y la sociedad en general en la implementación del Aprendizaje-servicio en Europa.

En Latinoamérica, a partir de la década de 1980, especialmente en Argentina, Chile y Uruguay, se empezó a mencionar el concepto de Aprendizaje-servicio (ApS) para describir la forma en que los estudiantes se involucraban en pequeños proyectos y actividades con la comunidad, en los que aprendían y servían al mismo tiempo. Un hito importante ocurrió en el año 2000, cuando se estableció el Centro Latinoamericano de Aprendizaje y Servicio Solidario (CLAYSS) en Buenos Aires, Argentina. Esta institución se convirtió en un referente clave en la promoción y difusión del ApS en la región, fomentando la colaboración entre instituciones educativas y organizaciones sociales para impulsar proyectos de servicio solidario que brinden beneficios tanto a los estudiantes como a las comunidades [2].

En Ecuador, hasta el momento no se ha implementado ampliamente la metodología de Aprendizaje-servicio (ApS) a nivel universitario. Sin embargo, se han realizado algunas investigaciones que se han centrado principalmente en el ámbito de la educación media. A pesar de esta situación, existe un potencial y una creciente conciencia sobre los beneficios del ApS en la formación de los estudiantes.

En este estudio, se busca evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes que participaron en un proyecto de vinculación en una universidad ecuatoriana. Para medir la satisfacción, se utilizará la metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) y se examinarán aspectos como el conocimiento e intención atribuida, la valoración de la utilidad atribuida, la valoración del proceso y la proyección social. El objetivo es evaluar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en el contexto del proyecto de vinculación y determinar su nivel de satisfacción en relación a estas dimensiones y metodología.

Para tal efecto, primero se muestra, en forma breve, qué se entiende por satisfacción, también la técnica ApS. En la metodología ApS se analizan las dimensiones. Finalmente, se correlacionan ambas aristas para así obtener la descripción de la satisfacción en la participación del proyecto de vinculación.

## II. DESARROLLO

El estudio de la jerarquía de las necesidades de Maslow entiende que las necesidades satisfechas estarán relacionadas con la satisfacción de las metas fijadas, por lo que "la situación inmediata" los objetivos y los logros son determinados por la naturaleza del cuerpo. El ser humano visto como un animal con necesidades en lo que pocas veces alcanza satisfacción completa, con algunas excepciones, solo por cortos espacios de lapso. Una vez que se satisface con un deseo, aparece otro nuevo [3].

En el campo de las ciencias, la psicología es la que más se ha dedicado al estudio de la satisfacción. Diversas teorías, desde finales del siglo IX y comienzos del XX. El centro del estudio del mismo comportamiento humano con lo que muchos estudiosos como Freud, Winsbager y James y, luego de Maslow y Rogers, más últimamente, la teoría de las emociones intelectuales, o también de la programación neurolingüística [4], lo que denota una notable evolución en cuanto al conocimiento que determina la constante evolución del ser humano.

El ApS consiste en una metodología diseñada en Estados Unidos en el año 1906 en la Universidad de Cincinnati, donde se emplea el trabajo, servicio y aprendizaje de manera conjunta, las bases de dicha metodología fueron diseñadas por John Dewey en el año 1905. En el año 1966 se utiliza por primera vez la frase "Aprendizaje-servicio" por lo que incluyen en los proyectos a los estudiantes, facultades y organizaciones. A través del tiempo sufrió cambios y aportes debidos a situaciones políticas y económicas; por lo que se considera que alrededor de los años 80 es precisamente su nacimiento. En el 2012 ya la mitad de las instituciones de educación superior utilizan esta metodología de ApS. Es considerado un buen método que combina los conocimientos con el pensamiento crítico, lo que permite ser más reflexivos tanto en el área académica como en el desarrollo personal [5].

El ApS es una metodología que estimula el aprendizaje de los estudiantes a través de la participación de proyectos relacionados al servicio comunitario, lo que le permite enfrentarse a algo diferente de lo que vive en el aula por lo que ahora está en contacto con la comunidad, constituyendo una práctica más real [6].

Con el propósito de determinar el nivel de satisfacción de los estudiantes universitarios que participaron en un proyecto de vinculación con la sociedad, se evalúa la satisfacción de los estudiantes tomando en cuenta el modelo de satisfacción a través de la metodología ApS. Esta investigación fue desarrollada en la Universidad Técnica de Manabí, con estudiantes de las carreras de Estadística, Tecnología en producción agropecuaria, Derecho, y Economía.

## III. METODOLOGÍA

En este trabajo la población objeto de estudio estuvo conformada por 30 estudiantes de la Universidad Técnica de Manabí, que estaban cursando la asignatura de vinculación, Los estudiantes son pertenecientes a las carreras de Estadística, Tecnología en producción agropecuaria, Derecho, y Economía. El criterio de inclusión fue principalmente que se hubiesen cumplido con las exigencias universitarias previas al proceso de vinculación.

Se realizó una encuesta para recopilar información relevante de diversos aspectos, incluyendo datos sociodemográficos de los estudiantes participantes, así como su nivel de satisfacción y las dimensiones relacionadas con el Aprendizaje-Servicio (ApS).



La encuesta se enfocó en medir el nivel de satisfacción de los estudiantes en relación con su participación en el proyecto de ApS. Esto implicaba preguntas sobre su grado de satisfacción con las actividades realizadas, la relevancia del proyecto para su formación académica, la calidad de la experiencia de servicio a la comunidad, entre otros aspectos.

Asimismo, la encuesta también incluyó dimensiones relacionadas con el ApS. Estas dimensiones podían estar relacionadas con los beneficios académicos, como el aprendizaje de nuevos conocimientos y habilidades prácticas asociadas a los contenidos teóricos o la mejora en competencias específicas. También podían abordar aspectos relacionados con el impacto social, como el sentido de responsabilidad hacia la comunidad, el fortalecimiento de valores éticos o el fomento de la conciencia social.

Se tomó en cuenta el diseño de varios modelos de estudios de satisfacción realizados en universidades de Perú, Puerto Rico, México y Venezuela [7]. Para determinar la fiabilidad del instrumento se empleó el coeficiente Alfa de Cronbach [8], obteniendo un valor de 0,899. Es decir, existe alta homogeneidad respecto a la respuesta para todos los ítems y también para los encuestados. Respecto a la validez, los resultados obtenidos son significativos al 5%, para lo cual se usó la prueba estadística U de Mann-Whitney, opción No Paramétrica de la Prueba T Student.

Para la satisfacción de los estudiantes tomando en cuenta la metodología ApS, se incluyeron en el estudio las siguientes dimensiones [9]:

- Conocimiento e intencionalidad atribuida: es el nivel de conocimiento por parte de los estudiantes referente a el por qué y para qué lo hacen.
- Valoración de la utilidad atribuida: es la valoración de los estudiantes en cuanto a el aprendizaje y servicio que van a adquirir.
- Valoración del proceso: es la reflexión en cuanto a la relación que existe entre la teoría y la práctica.
- Proyección social: consiste en entender cuál será la utilidad social.

#### **IV. RESULTADOS**

El análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el estudio ha revelado información relevante sobre los estudiantes que participaron. A continuación, se presentan algunos datos destacados:

En cuanto a la edad de los estudiantes, se observó que el 42% de ellos se encuentra en el rango de 20 a 22 años. El 28% tiene entre 22 y 24 años, el 14% se encuentra en el rango de 24 a 26 años, y otro 14% tiene entre 26 y 28 años. En relación con el género de los participantes, se observó que el 71,4% son estudiantes del sexo femenino, mientras que el 28,6% son estudiantes del sexo masculino. En cuanto a las carreras de los estudiantes, se identificó que el 50% de ellos cursan la carrera de Estadística, lo cual indica una representación significativa de esta área de estudio. Además, el 7,1% estudian Tecnología en producción agropecuaria, otro 7,1% estudian Derecho, y el 14,3% están matriculados en la carrera de Economía.

La metodología ApS se pudo constatar a través de la tabla 1, donde se muestran las dimensiones que definen la satisfacción de estudiantes universitarios [9].

**Tabla 1.** Relación de dimensiones y subdimensiones.

Conocimiento e intención atribuida	Finalidad del proyecto que realizan Objetivos del proyecto que desarrollan Integración curricular Servicio a la comunidad
Valoración de la utilidad atribuida	Percepción de los aprendizajes conceptuales Percepción de los aprendizajes ciudadanos Percepción de los aprendizajes personales
Valoración del proceso	Reflexión Relación entre teoría y práctica Seguimiento Relación entre estudiantes, profesores y entidades Evaluación
Proyección social	Utilidad social de las acciones que realizan

Los resultados revelaron que los estudiantes tienen un alto grado de satisfacción en su participación. Un porcentaje considerable, superior al 80%, expresó su disposición a recomendar la participación en este tipo de actividades a otros compañeros. Esto indica que los estudiantes percibieron la experiencia como valiosa y significativa, lo que generó un nivel de satisfacción positivo. Se observó que más del 90% de los participantes manifestaron su disposición a volver a participar en el futuro. Esto refuerza la idea de que la experiencia fue enriquecedora y satisfactoria para ellos, lo que los motiva a seguir involucrándose en este tipo de actividades. La alta satisfacción manifestada sugiere que la experiencia contribuyó significativamente a su desarrollo académico y personal. Asimismo, el alto porcentaje de estudiantes que recomendarían la participación y estarían dispuestos a volver a participar demuestra el valor que atribuyen y su potencial para brindar oportunidades de aprendizaje y servicio a la comunidad.

Se encontró una significativa asociación ( $P < 0,007$ ) entre el conocimiento adquirido por los estudiantes y su intención de participar en este tipo de actividades. Esto indica que pudieron comprender claramente la finalidad para la cual se diseñó la actividad. Se observó que un gran porcentaje de ellos tenía claridad acerca de los objetivos, los cuales estaban dirigidos a proporcionar a una empresa pública la información necesaria sobre el empleo y desempleo en una zona específica de la ciudad.

La participación de los estudiantes tuvo un impacto significativo en la percepción respecto a los aprendizajes conceptuales. Una significancia estadística ( $P < 0,001$ ), lo que indica que reconocieron un alto grado de adquisición de conocimientos relacionados con la planificación y ejecución de una encuesta de índole laboral que formó parte de las actividades ejecutadas. Además, manifestaron una gran satisfacción en cuanto a los aprendizajes personales obtenidos, valoraron positivamente las nuevas habilidades personales adquiridas, las cuales serían más difíciles de desarrollar mediante otros métodos de enseñanza. Específicamente, resaltaron el desarrollo de habilidades como la iniciativa, la empatía y la comunicación. Estas habilidades fueron cultivadas debido al contacto directo con la comunidad, lo cual requirió un enfoque personal y habilidades de interacción para establecer un acercamiento efectivo [9].

Los estudiantes desempeñaron un papel activo en todas las etapas. Esta participación integral les permitió adquirir nuevos conocimientos de manera significativa. En primer lugar, se involucraron en la planificación y diseño de la encuesta de índole laboral. Durante este proceso, pudieron adquirir conocimientos específicos relacionados con la metodología de investigación, la formulación de preguntas relevantes y la estructuración adecuada de la encuesta.

Posteriormente, llevaron a cabo la aplicación de la encuesta en la comunidad, lo que les brindó una experiencia práctica y directa. Durante este proceso, tuvieron la oportunidad de interactuar con los participantes y aplicar los conocimientos adquiridos en la etapa de elaboración. Esta experiencia les permitió desarrollar habilidades de comunicación y empatía, así como enfrentar desafíos reales relacionados con la recolección de datos. La percepción de aprendizajes ciudadanos se pudo destacar que los estudiantes comprendieron que al participar más activamente con la comunidad, permite involucrarse con el entorno ciudadano, buscando aportar algo de forma gratuita a la sociedad, que signifique una forma de contribución del buen ciudadano, al igual que se afirma en el trabajo sobre El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la Universidad [10], donde se expresa que al participar con la comunidad desarrolla un compromiso ciudadano.

La valoración de los procesos arrojó resultados poco significativos ( $P > 0,05$ ) que indican áreas de mejora y fortalezas. Respecto a la reflexión crítica, se reconoce que podría haberse dedicado más tiempo a esta etapa debido a la rapidez con la que se ejecutó. Se considera que es necesario permitir un espacio para que los estudiantes puedan formar opiniones propias y reflexionar más a fondo sobre las implicaciones y aprendizajes derivados de su participación. Se reconoce que llevar los conocimientos teóricos a la práctica brinda beneficios significativos, ya que permite a los estudiantes desarrollar y aplicar la teoría aprendida en un contexto real. Esta relación entre la teoría y la práctica fortalece la comprensión y el aprendizaje [11].

En relación con el nivel de evaluación, se observó un alto grado de satisfacción, puesto que los resultados fueron significativos ( $P < 0,03$ ). Lo más significativo para ellos va más allá de la evaluación en sí misma, y se encuentra en todo el aprendizaje adquirido a lo largo del tiempo de ejecución. La entrega oportuna de su trabajo reflejó el compromiso y la dedicación que los estudiantes invirtieron. Fue un claro indicador de su responsabilidad y su deseo de alcanzar los objetivos propuestos. Sin embargo, lo que realmente valoraron y apreciaron fue el conocimiento y las habilidades adquiridas durante todo el proceso. Más allá de la evaluación, reconocieron que el verdadero valor estaba en el crecimiento personal y profesional que experimentaron, pues aprendieron a trabajar en equipo, a comunicarse de manera efectiva, a resolver problemas y a tomar decisiones informadas. Además, adquirieron una comprensión más amplia de los desafíos y necesidades de la comunidad a la que brindaron su servicio.

Respecto a la proyección social, esta muestra un valor estadísticamente significativo ( $P < 0,08$ ), a pesar de ser estudiantes de diferentes carreras, como Estadística, Tecnología en producción agropecuaria, Derecho y Economía, todos convergieron hacia un mismo fin que es la utilidad social de las funciones desempeñadas en el proyecto. Aunque provenían de diferentes ámbitos académicos, demostraron tener el nivel de conocimientos adecuado para llevar a cabo las tareas requeridas.

La diversidad de disciplinas que participaron enriqueció la perspectiva y aportó diferentes enfoques para abordar los desafíos planteados. Cada estudiante pudo aportar su experiencia y conocimientos específicos, lo que contribuyó a un enfoque integral y multidisciplinario en la ejecución [12].

Se plantearon las siguientes hipótesis de independencia aplicando Chi-cuadrado:

Ho: Existe independencia entre la variable dimensiones de ApS y Grado de satisfacción .

H1: No existe independencia entre la variable dimensiones de ApS y Grado de satisfacción.

**Tabla 2.** Tabla cruzada Dimensiones ApS \*Satisfacción.

		Satisfacción			Total
		Bajo	Medio	Alto	
Dimensiones ApS	Conocimiento e intención atribuida	1	4	4	9
	Valoración de la utilidad atribuida	1	1	4	6
	Valoración del proceso	4	2	1	7
	Proyección social	2	3	3	8
Total		8	10	12	30

Por otra parte, la prueba de chi-cuadrado arrojó los resultados de la tabla 3.

**Tabla 3.** Tabla cruzada Dimensiones ApS \*Satisfacción.

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6,691 <sup>a</sup>	6	0,350
Razón de verosimilitud	6,636	6	0,356
Asociación lineal por lineal	1,236	1	0,266
N° de casos válidos	30		

El valor p obtenido en el análisis estadístico fue de 0,350, el cual se comparó con el nivel de significancia asumido (5%). Dado que el valor p es considerablemente alto, no se encontraron suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (Ho). Esto indica que no hay indicios de una relación de dependencia entre las variables analizadas. Por lo que las variables no están relacionadas entre sí.

## CONCLUSIONES

La participación de los estudiantes universitarios implicó involucrarse en todas las etapas del proceso de vinculación con la sociedad, con el fin de que vivieran la experiencia de forma amplia e integrada, compartiendo las diferentes fases y reconociendo el valor de cada parte del proceso.

El crecimiento de cada estudiante en la universidad va más allá de lo que se aprende dentro de las aulas, pues también implica la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. Es en el estado crítico-reflexivo del estudiante donde encuentra el sentido de aplicar lo que ha aprendido, por tanto, cuando estos conocimientos se ponen en práctica en contacto con la comunidad, se crea un sentido lógico y se adquieren habilidades que solo se obtienen a través de la experiencia. De esta manera los estudiantes pudieron mostrar su satisfacción en las actividades realizadas, porque además de adquirir conocimientos, pudieron adquirir destrezas para su desenvolvimiento en la vida profesional futura.

El nivel de satisfacción en cuanto al conocimiento y la intención de involucrarse en un futuro fue alto, ya que los estudiantes manifestaron haber adquirido los conocimientos necesarios para participar e interactuar con la comunidad posteriormente. También valoraron positivamente la utilidad, ya que percibieron beneficios en términos de aprendizajes conceptuales, ciudadanos y personales.

Sin embargo, la valoración del proceso fue la dimensión en la que se observó menos satisfacción por parte de los estudiantes. Esto podría deberse a que el tiempo asignado para la ejecución fue ajustado, lo que generó presión para cumplir con las fechas programadas. En este sentido, se podría sugerir una extensión del tiempo para mejorar este aspecto y brindar un mayor margen de maniobra.

En relación con la proyección social, la mayoría consideró que su participación tuvo un impacto positivo en las acciones realizadas. Esto refleja el beneficio mutuo entre la universidad, los estudiantes y la sociedad, dejando en claro la importancia de esta conexión y colaboración para generar un impacto significativo en la comunidad.

Los resultados de la valoración de los procesos señalan la necesidad de fomentar una mayor reflexión crítica, fortalecer la relación entre la teoría y la práctica, brindar seguimiento y apoyo a los estudiantes, así como promover una estrecha relación entre todos los agentes involucrados. Estas mejoras contribuirán a enriquecer la experiencia y asegurar el éxito del proyecto de vinculación.

La evaluación fue un aspecto importante, pues los estudiantes comprendieron que el verdadero beneficio radicaba en el aprendizaje adquirido. Esto se vio reflejado en las entregas puntuales de las actividades y trabajos indicados, además de reconocer la importancia en desarrollo de habilidades, la aplicación práctica de los conocimientos y la conexión con aspectos reales de la vida cotidiana.

Se encontró independencia entre la variable dimensiones de ApS y Grado de satisfacción, debido a que no fue significativa (0,350) la prueba chi cuadrado, lo que indica que no hay suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula.

## REFERENCIAS

- [1] M. Cadena Badilla et al., "La satisfacción estudiantil universitaria: análisis estratégico a partir del análisis de factores," *Industrial Data*, vol. 18, no. 1, pp. 9-18, 2015.
- [2] P. Folgueiras Bertomeu, E. Luna González, and G. Puig Latorre, "Aprendizaje y servicio: estudio del grado de satisfacción de estudiantes universitarios," *Revista de Educación*, vol. 362, pp. 159-185, 2013.
- [3] A. H. Maslow, "Motivación y personalidad," Ediciones Díaz de Santos, 1991.
- [4] F. Velandia Salazar, N. Ardón Centeno, and M. I. Jara Navarro, "Satisfacción y calidad: análisis de la equivalencia o no de los términos," *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, vol. 6, no. 13, pp. 139-168, 2007.
- [5] A. S. Barrios, A. M. Rubio, N. M. Gutiérrez, et al., "Aprendizaje-servicio como metodología para el desarrollo del pensamiento crítico en educación superior," *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, vol. 26, no. 4, pp. 594-603, 2012.
- [6] J. J. Blázquez Resino et al., "Calidad de vida universitaria: Identificación de los principales indicadores de satisfacción estudiantil," *Revista de Educación*, 2013.
- [7] A. Mejías Agustín and M. Domelis Martínez, "Desarrollo de un instrumento para medir la satisfacción estudiantil en educación superior," *Docencia Universitaria*, vol. 10, no. 2, pp. 29-47, 2009.
- [8] R. Prat and E. Doval, "Construcción y análisis estadístico de escalas," en *Análisis Multivariante para las Ciencias Sociales*, J. Lèvy y J. Valera (comps.), Madrid: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [9] P. Folgueiras Bertomeu, E. Luna González, and G. Puig Latorre, "Aprendizaje y servicio: estudio del grado de satisfacción de estudiantes universitarios," *Revista de Educación*, vol. 362, pp. 159-185, 2013.

[10] M. R. Rodríguez Gallego, "El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la Universidad," Revista Complutense de Educación, vol. 25, no. 1, pp. 95-113, 2014.

[11] L. R. Sandmann, R. C. Kiely, and R. S. Grenier, "Program Planning: The Neglected Dimension of Service-Learning," Michigan Journal of Community Service Learning, vol. 15, no. 2, pp. 17-33, 2009.

[12] M. Gutiérrez Sánchez and P. Moreno Abellán, "El aprendizaje servicio como metodología para la formación integral de los estudiantes universitarios," Edetania, vol. 53, pp. 185-202, 2018.

## LOS AUTORES



**Ana Chacón, PhD.** Docente de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.



**Dr. Víctor Márquez, PhD.** Docente de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.



**Ing. Emanuel Muñoz. Mgs.** Docente de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.



**Dr. Francisco Cedeño. PhD.** Docente de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.

# Producción de harinas para consumo humano a partir de la reutilización de desechos orgánicos

Palacios Serrano Josselyn Melissa  
<https://orcid.org/0000-0002-6512-5205>  
jplaacios1244@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo – Ecuador

Vélez Vélez Gisbel Carolina  
<https://orcid.org/0000-0003-2145-7002>  
gvelez0863@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Latorre Castro Gisela Beatriz  
<https://orcid.org/0000-0003-0376-8843>  
gisela.latorre@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Ramón Eudoro Cevallos Cedeño  
<https://orcid.org/0000-0002-8583-4674>  
ramon.cevallos@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (30/07/2023), Aceptado (27/10/2023)

**Resumen:** El presente trabajo tiene como objetivo aprovechar los residuos del plátano y banano para la elaboración de harinas que cumplan con las normas NTC-2799:1991 y NTE-INEN-616:2006. El trabajo experimental consistió en el preparado de las cáscaras de plátano y banano para luego llevarlas al proceso de molienda y tamizado. Los resultados muestran una harina de buena calidad que cumple con los rigores de las Normas Técnicas Colombianas. Sin embargo, se observó la presencia de bacteria *E. coli* en las harinas desarrolladas, lo cual debe considerarse para mejorar la higiene en el proceso de producción.

**Palabras clave:** Residuos, harinas, cáscaras, plátano, banano.

Production of flour for human consumption from the reuse of organic waste

**Abstract.-** The present work aims to take advantage of residues from plantain and banana for the elaboration of flours that comply with the norms NTC-2799:1991 and NTE-INEN-616:2006. The experimental work involved preparing plantain and banana peels and then taking them to grinding and sifting. The results show good quality flour that meets the rigors of the Colombian Technical Standards. However, *E. coli* bacteria were observed in the developed flours, which should be considered to improve hygiene in the production process.

**Keywords:** Residues, flours, peels, plantain, banana.



## I. INTRODUCCIÓN

El banano es el cuarto cultivo más importante del mundo después del arroz, el trigo y el maíz. Es una fuente importante de empleo e ingresos económicos de algunos países como India, China, Brasil, Colombia, Ecuador, Indonesia entre otros [1]. El banano es una de las frutas con mayor aceptación y exportación a nivel mundial, debido a sus cualidades nutritivas. De acuerdo con La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO, en 2018, las exportaciones mundiales de banano fueron de 19,20 millones de toneladas [2].

Ecuador, es uno de los mayores exportadores de banano y plátano del mundo, representa más del 30% del total de las exportaciones mundiales y es el producto de exportación más grande después del petróleo [3]. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Ecuador por sí solo representa más de un tercio de las exportaciones mundiales de banano y plátano [4], vendiendo de 80 a 85 millones de toneladas. Como resultado, Ecuador es uno de los principales exportadores de banano y plátano del mundo, produciendo frutas de alta calidad con sabores delicados y rendimientos que cumplen con los estándares internacionales de protección [5]. Actualmente, Ecuador tiene muchos productos inutilizables y convertibles mediante la aplicación de tecnologías alternativas que pueden obtener subproductos como los jarabes dulces utilizados para obtener otras sustancias económicamente viables, como el etanol o bioetanol [6].

La mayor área para cultivos de banano y plátano se encuentra en el cantón el Carmen de la provincia de Manabí, en Ecuador. La producción anual en esta zona representa aproximadamente el 45,10% respecto a la producción nacional de este cultivo y alrededor del 70% de la producción de la Costa ecuatoriana. Además, constituyen el mayor exportador del producto hacia Estados Unidos y Europa. La producción de estos productos en la zona de Manabí, Ecuador, tienen grandes ventajas respecto a la producción de otras regiones del país, esto debido a que el clima y las condiciones del suelo favorecen al cultivo [7]. Sin embargo, la preocupación y conservación del medio ambiente ha sido enfatizada en los últimos años, debido a la generación y acumulación de desechos de los productos agrícolas que impactan negativamente, convirtiéndose en un problema por lo que no hay un lugar adecuado para el posicionamiento correcto de los mismos [8].

Actualmente, el uso de residuos orgánicos en la industria bananera y platanera es muy baja, ya que estos residuos a pesar de su gran potencial como materia prima para generar nuevos productos, traen otro tipo de problemas como plagas, olores y contaminación del agua hacia el medio ambiente. Las cáscaras de banano y plátano, en su gran mayoría se han utilizado para la alimentación animal [9]. No obstante, y a pesar de que se han realizado estudios para la obtención de productos alimenticios a partir de la fruta y de ciertos desechos de la actividad bananera y platanera, la transformación y uso de estos ha sido enfocada en porcentajes mínimos en el desarrollo de productos para la alimentación humana [10]. Es por ello que el presente trabajo se centra en el aprovechamiento de residuos orgánicos (plátano y banano) para la elaboración de harinas de consumo humano.



## II. DESARROLLO

El cultivo de banano y plátano es la actividad agrícola más importante que sustenta la seguridad socioeconómica y alimentaria de algunos países. Desde una perspectiva socioeconómica, estas musáceas no solo proporcionan un suministro permanente de alimentos ricos en energía para la mayoría de los agricultores, sino que también sirven como fuente de trabajo estable y temporal [11]. Según un informe publicado por la FAO, Ecuador representa un tercio de las exportaciones mundiales de estos productos, en la cual la mayor zona de producción es la conocida como el triángulo platanero y bananero que incluye las provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos.

Actualmente, el rendimiento de producción de estas musáceas en países como Ecuador, es de 1700 cajas/ha/año de banano y de 5 t/ha/año de plátano [12]. En este contexto, es muy importante primar la revalorización de los residuos generados por esta actividad, dando importancia en cumplir con las normas ambientales establecidas por el Código Orgánico Ambiental el cual pretende garantizar los derechos humanos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, procurando que estas actividades sean reguladas y amigables con el medio ambiente [13].

Sin embargo, la producción bananera y platanera durante la cosecha generan residuos orgánicos, que al no ser manejados en forma correcta impactan negativamente al medio ambiente ocasionando grandes afectaciones al suelo, agua y aire. La generación de residuos orgánicos provenientes de dichas actividades es un tema preocupante que ha tomado mucha importancia, debido a que estas industrias luego de la cosecha producen subproductos como el raquis, el tallo, las hojas y las cáscaras. Estos residuos, generalmente suelen depositarse en el suelo ayudando a mejorar su calidad con materia orgánica como también suelen ser desechados o quemados siendo estos susceptibles a la aparición de fauna nociva y enfermedades, como también a la contaminación del medio ambiente por no tener un control sobre ellos [8].

La cáscara de banano y de plátano representa un 30 al 40% de estos desechos, lo cual genera un porcentaje considerable de residuos que se podrían reutilizar para emplearse en la alimentación humana [14]. Estas razones motivan a la elaboración de este trabajo, con el fin de aprovechar dichos residuos para la elaboración de harinas de consumo humano, lo que ayudará a reducir la contaminación del medio ambiente y al mismo tiempo aportar con una fuente de alimentación saludable, competitiva con las harinas convencionales.

## III. METODOLOGÍA

Se presenta una investigación de tipo descriptivo - experimental, contribuyendo al desarrollo del conocimiento científico, operando variables bajo condiciones determinadas y proponiendo estrategias de elaboración de harinas a partir de la reutilización de desechos orgánicos (cáscaras) del plátano y banano, utilizando determinadas técnicas bromatológicas y microbiológicas, cumpliendo con los estándares establecidos y teóricos, fortaleciendo la investigación mediante revistas científicas, libros, tesis y medios electrónicos de información. La metodología que se desarrolló en esta investigación se muestra a continuación:

#### A. Obtención de la materia prima

La materia utilizada para la obtención de la harina de cáscara de plátano fue adquirida de los residuos orgánicos de tiendas locales de productos artesanales de plátano de la ciudad de Portoviejo (Manabí – Ecuador) y para la obtención de la harina de cáscara de banano, se obtuvieron de fincas localizadas en la parroquia San Plácido, teniendo que mencionar que las cáscaras de plátano fueron de tipo barraganete (AAB Simonds Dominico Hartón) y las cáscaras de banano de tipo Musa cavendishii.

#### B. Preparación de la muestra

Las materias primas mencionadas, se procesaron según lo descrito por la norma INEN 2801:2013, que establece que las muestras deben estar en buen estado sin daños mecánicos. Las cáscaras fueron sometidas a diferentes procesos los cuales se detallan a continuación:

- Lavado: Las cáscaras se lavaron con abundante agua natural con el fin de eliminar impurezas adheridas a las materias primas, descrito en la norma CPE, INEN-CODEX CAC/RCP 53:2013 [15].
- Desinfección: Se empleó hipoclorito de sodio al 5% y se sumergieron las cáscaras por 3 minutos, con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de impurezas que tenían las materias primas [16].
- Inactivación de enzimas: Se utilizó una solución de ácido cítrico al 0,75% a una temperatura de 100 °C durante 5 minutos. [17].
- Separación de fibra: Después de haber realizado la inactivación de enzimas, se retiró la fibra (mesocarpio) para evitar un sabor desagradable al momento de obtener las harinas.
- Secado: Este es uno de los procesos más importante para obtener las harinas, por lo tanto, se trataron las cáscaras empleando una estufa (Elos, H055F115) a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 270 minutos [18], para lograr obtener las materias primas deshidratadas a una humedad entre 7% y 12% como lo plantean diferentes autores [19].
- Molienda: las cáscaras se sometieron a la trituración empleando un molino (Grinder, 700 g), con la finalidad de disminuir su tamaño y obtener las harinas deseadas.
- Tamizado: el objetivo de tamizar es eliminar gran cantidad de partículas y desechos que pueden quedar después del proceso de la molienda, el tamaño del tamiz (fisherbrand) utilizado fue de 355 µm.

#### C. Bromatología de las harinas obtenidas

- La determinación de humedad se realizó mediante el método de pérdida por calentamiento, empleando una estufa marca Elos, H055F115. NTE, INEN 518:1980 [20].
- La determinación de cenizas se realizó mediante la pérdida de materia generada por la incineración en la mufla (Thermo scientific, FB1310M). NTE, INEN 520:1980.
- La determinación de grasa se realizó mediante el método soxhlet. NTE, INEN 523:1980 .
- La determinación de fibra cruda se realizó mediante el método de hidrólisis, ácido-básica empleando un embudo de Buchner de porcelana con bomba de vacío WELCH 2534B-01 y la estufa antes mencionada.
- La determinación de proteína se realizó por el método de Kjeldahl. NTE, INEN 519:1980.
- Determinación de carbohidratos: Una vez obtenidos los resultados de humedad, ceniza, fibra cruda, grasa y proteína, mediante diferencias se obtuvieron los porcentajes finales de carbohidratos de cada muestra mediante la ecuación (1).

$$\% \text{carbohidratos} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{grasa} + \% \text{proteína} + \% \text{fibra cruda} + \% \text{ceniza}) \quad (1)$$

- Determinación de análisis microbiológicos: Los análisis microbiológicos de cada muestra fueron realizados por el laboratorio AVE tomando como parámetros el recuento total de bacterias aerobias mesófilas, Hongos y Levaduras, NMP de coliformes totales, NMP de coliformes fecales: *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella*, establecidos por la NTC-2779 y NTE-INEN 616.

#### IV. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados de los análisis proximales y microbiológicos obtenidos de las harinas, con el fin de cumplir con las condiciones y requisitos establecidos por las normas NTC-2799:1991 [26], y NTE, INEN-616:2006. Por lo tanto, el análisis proximal realizado a las harinas de cáscara de plátano y de banano se presenta detalladamente a continuación.

##### A. Humedad

En la tabla 1, se muestra el promedio de humedad en porcentajes, para las cáscaras de plátano fue de 7,05%, mientras que para las cáscaras de banano fue de 7,25, en comparación con la humedad obtenida de las harinas de referencias, (6,73% cáscara de plátano y 7,24% cáscara de banano), mostrando un porcentaje de humedad cercano al de la harina de estudio. Estas pequeñas diferencias probablemente se deban al tiempo y la temperatura de secado utilizadas en estas investigaciones.

Un estudio adicional, mostró que el contenido de humedad de la harina de cáscara de plátano fue de 9,04%, mostrando una diferencia con los valores antes mencionados. Esto puede ser posible debido a los diferentes tratamientos térmicos realizados, donde el porcentaje de humedad del producto obtenido fue mucho mayor. Sin embargo, no afecta al producto final, por lo que se encuentra dentro de lo acordado por la norma utilizada en esta investigación. Es importante mencionar que la vida útil de las harinas dependerá de la humedad que contengan, ya que a mayor cantidad de humedad será más propenso a ser deteriorado por hongos u otros microorganismos.

**Tabla 1.** Análisis de humedad de las harinas.

Muestra	Numero de ensayos	Porcentaje (%)	Media
Harina de cáscara de plátano	1	7,04	7,05%
	2	7,03	
	3	7,08	
Harina de cáscara de banano	1	7,25	7,25%
	2	7,23	
	3	7,28	

##### B. Cenizas

En la Tabla 2, se reportan los porcentajes de ceniza de las harinas, obteniendo un promedio de 0,10% para la harina de cáscara de plátano y un 0,11% para la harina de cáscara de banano. Comparando el porcentaje de cenizas obtenidas de estudios preliminares en donde se indica que para la harina de banano presenta un porcentaje de 1,72%, y para la harina de plátano reportó un valor de 1,41%, respectivamente, siendo estos valores superiores a los de las harinas de estudio. Estas diferencias podrían responder a que se trabajó con el fruto y no con las cáscaras o también a la cantidad de sustancias inorgánicas (minerales) que se encuentran presentes en esas harinas. Pese a que el porcentaje de cenizas de los productos obtenidos fueron mucho mayor, no interfieren ni afecta al producto final por lo que si se encuentra dentro de lo acordado por la Norma Técnica Colombiana usada en este trabajo.

**Tabla 2.** Análisis de cenizas de las harinas.

Muestra	Numero de ensayos	Porcentaje (%)	Media
	1	0,10	
Harina de cáscara de plátano	2	0,11	0,10%
	3	0,09	
	1	0,11	
Harina de cáscara de banano	2	0,12	0,11%
	3	0,10	

### C. Grasa

En la tabla 3, se muestran los valores obtenidos de la determinación del contenido de grasa. Mediante una investigación realizada esta reportó un porcentaje de 0,67% para la harina de banano. Sin embargo, un estudio adicional nos indica que para la harina de plátano se obtuvo un 0,75%, por lo tanto, y comparando con los porcentajes de grasas de las harinas de estudio, teniendo en cuenta que para la harina de cáscara de plátano se obtuvo un promedio de 0,62% y un promedio de 0,67% para la harina de cáscara de banano. Esto permite argumentar que estos valores resultan similares con las harinas de estudio, estableciendo que las mínimas variaciones que pudieron existir fueron posibles por los diferentes tipos de materia prima utilizada, o por las investigaciones realizadas previamente donde trabajaron con el fruto y no con la materia orgánica, como fue en este trabajo.

**Tabla 3.** Análisis de grasa de las harinas.

Muestra	Numero de ensayos	Porcentaje (%)	Media
Harina de cáscara de plátano	1	0,62	0,62%
	2	0,61	
	3	0,63	
Harina de cáscara de banano	1	0,67	0,67%
	2	0,66	
	3	0,68	

### D. Fibra cruda

Tal como se muestra en la tabla 4, el análisis de fibra cruda de las harinas de estudio, en promedio se obtuvo un 0,67% para la harina de cáscara de banano y un 0,62% para la harina de cáscara de plátano, siendo este valor cercano a los publicados anteriormente, la cual reportó porcentajes de fibra de cruda de 0,79% para la harina de plátano, donde esa mínima diferencia pudo ser porque en dicho trabajo se empleó el fruto y no la cáscara.

Un estudio adicional, mostró que el contenido de fibra cruda de la harina de banano fue de 1,27%, esto explica que las diferencias en estos porcentajes con la harina de estudio puedan deberse a varios aspectos como la variedad del banano utilizado. Cabe mencionar, que la normativa que utilizaron en esta investigación fue la NTC-2799:1991, la cual establece que el porcentaje máximo permitido es de 1,0, por lo que el valor obtenido sobrepasó el límite permitido. Es importante mencionar que, si la cantidad de fibra sobrepasa su valor, la calidad nutritiva de estos productos bajaría y no sería óptimo para ser consumido por los seres humanos.

**Tabla 4.** Análisis de fibra cruda de las harinas.

Muestra	Numero de ensayos	Porcentaje (%)	Media
Harina de cáscara de plátano	1	0,61	0,61%
	2	0,61	
	3	0,60	
Harina de cáscara de banano	1	0,68	0,67%
	2	0,66	
	3	0,67	

#### E. Proteína

En la tabla 5, se muestra el contenido de proteína de la harina de las cáscaras de plátano, que fue 8,05%, mientras que para la harina de cáscara de banano fue de 7,80%. En este sentido, se comparó con la cantidad de proteína reportada en un estudio adicional, donde encontró un 7,89% tanto para la harina de cáscara de plátano como para la harina de cáscara de banano. De igual manera, otro estudio, reportó un porcentaje de proteína para la harina de cáscara de banano de 8,04%, las cuales muestran proximidad en cuanto a los resultados de la harina de estudio. Estas pequeñas diferencias pueden darse por los diferentes procesos tecnológicos utilizados para la obtención de estas harinas o el tiempo en que se haya realizado la cosecha de estos productos. Teniendo en cuenta que los valores expuestos en este trabajo junto con las diferentes normas utilizadas en estos estudios se encontraron dentro de los rangos especificados y, por lo tanto, no afectaron al producto final.

**Tabla 5.** Análisis de proteína de las harinas.

Muestra	Numero de ensayos	Porcentaje (%)	Media
Harina de cáscara de plátano	1	8,01	8,05%
	2	8,05	
	3	8,10	
Harina de cáscara de banano	1	7,79	7,80%
	2	7,82	
	3	7,78	

#### F. Carbohidratos

En la Tabla 6, se reportan los porcentajes de carbohidratos en las harinas de estudio, obteniendo un promedio de 83,52% para la harina de cáscara de plátano y un 83,50% para la harina de cáscara de banano. Comparando el porcentaje de carbohidratos presentado en otra investigación, donde se reportó un 65,53% para la harina de cáscara de plátano y un 58,98% para la harina de cáscara de banano. Por otro lado, un estudio adicional, manifestó obtener un 77,96% de carbohidratos para la harina de cáscara de banano, donde este valor reportado muestra una disminución en el contenido de carbohidratos en relación con la harina de estudio. Esto puede resultar por el tipo de banano utilizado y el estado de madurez en el que se encontraba la materia prima. A pesar de que el porcentaje de carbohidratos obtenido por estos autores fueron inferiores y sobre todo hubo variación entre ellos, no afectaron al producto final, por lo que se encontraban dentro de lo establecido por las normas utilizadas en estas investigaciones de similares características.

**Tabla 6.** Análisis de proteína de las harinas.

Muestra	Numero de ensayos	Porcentaje (%)	Media
Harina de cáscara de plátano	1	83,53	83,52%
	2	83,52	
	3	83,50	
Harina de cáscara de banano	1	83,50	83,50%
	2	83,51	
	3	83,49	

### G. Análisis Microbiológicos

En la tabla 7, se aprecian los análisis microbiológicos realizados a las harinas, reportándose presencia de aerobios mesófilos con resultados de  $6,1E2$  UFC/g para la harina de cáscara de plátano y  $7,6E2$  UFC/g para la harina de cáscara de banano. En cuanto a mohos y levadura, presentaron como resultado un valor inferior a  $1E2$  UFC/g para ambas harinas. En lo que respecta a los análisis de coliformes totales, se obtuvo para la harina de cáscara de plátano un valor de 23 NMP/g y para la harina de cáscara de banano menos de 3 NMP/g; por consiguiente, en los coliformes fecales hubo presencia de *E. coli* con un valor inferior a 3 NMP/g para ambas harinas, lo cual indica que la presencia de estos microorganismos perjudica al producto debido a que no se encuentra dentro de la normativa NTC-2799:1991 y NTE, INEN-616:2006 la cual refleja que debe haber ausencia total. Pese a esto, los valores alcanzados indican que se debe tener ciertas consideraciones higiénicas al momento de manejar la producción de las harinas y envasado ya que estas ayudarían a prevenir y mejorar las condiciones del producto final. En cuanto a las bacterias *Shigella* y *Salmonella*, no hubo presencia de estos microorganismos en ambas harinas.

**Tabla 7.** Análisis microbiano para las harinas de cáscara de plátano y de banano.

Parámetros	Unidad	Resultados Harina de Plátano	Resultados Harina de Banano	Método de Referencia
Aerobios Mesófilos* <i>a</i>	UFC/g	$6,1 \times 10^2$	$7,6 \times 10^2$	AOAC 21T8 966.23 (MODIFICADO)
Levaduras y Mohos* <i>a</i>	UP/g	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	AOAC 21T1-t 997.02
<i>Salmonella, spp</i> * <i>a</i>	/25 g	No Detectado	No Detectado	AOAC 21th 2016.01
<i>Shigella, spp</i>	/25 g	No Detectado	No Detectado	8AM CAP 6 (MODIFICADO)
Coliformes Totales	NMP/g	23	<3	AOAC21TH966.24
Coliformes Fecales	NMP/g	<3	<3	AOAC21TH966.24
<i>E. Coli</i>	NMP/g	<3	<3	AOAC21TH966.24

Fuente: Laboratorio AVE.

## CONCLUSIONES

La disponibilidad de las cáscaras de plátano y de banano fue de fácil obtención, debido a que estos residuos son desechados y no son aprovechados para ningún otro uso. Por ello, el uso de estos residuos orgánicos ha sido una alternativa viable para transformarlos en alimento para el uso humano, dado que tienen gran contenido de proteína, fibra y carbohidratos, lo que constituye una fuente muy importante de energía y aportan grandes beneficios en la salud de los consumidores. Estas harinas pueden ser consideradas como una alternativa a través de un suplemento alimenticio dietético para sustituir el consumo de la harina de trigo convencional. Los análisis bromatológicos y microbiológicos de las harinas estudiadas dieron como respuesta positiva en la obtención de estos alimentos, puesto que ambas cumplen con los requerimientos señalados por las Normas Técnicas Colombianas utilizadas, aunque para el caso de los carbohidratos se pudiese ajustar el valor puesto que en el ensayo 3 fue mayor a lo permitido.

En los resultados microbiológicos, se estuvieron valores dentro de los rangos permitidos, no obstante, para el caso de coliformes fecales y en el caso particular de la E. coli, hubo presencia de estas, por lo que se recomienda realizar un tratamiento térmico o similar en ambas harinas para la eliminación de este microorganismo. Además, se recomienda mejorar las condiciones higiénicas en el proceso de elaboración.

Es pertinente fortalecer el uso de estas materias primas y de todas las accesibles que se producen en todo el mundo, puesto que brindan nuevas oportunidades en la alimentación. Además, el buen uso de los residuos favorece en la reducción de la contaminación ambiental, otorgando un mejor espacio para la convivencia en las fincas y lugares donde se producen dichos desechos. También es posible mencionar que el aprovechamiento de los residuos del plátano y el banano ayudan en la economía local, aportando fuentes de empleo y recursos para los agricultores.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecemos a las personas que nos ayudaron con la obtención de la materia prima utilizada (cáscara de plátano y cáscara de banano), a la Universidad Técnica de Manabí por brindarnos el apoyo en el uso de los laboratorios y a nuestra tutora y cotutor, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su conocimiento y su capacidad para poder sacar adelante este trabajo de titulación.

## REFERENCIAS

- [1] INFOCOMM, «Conferencia de las naciones unidas sobre comercio y desarrollo del banano,» 2014. [En línea]. Available: [https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM\\_cp01\\_Banana\\_es.pdf](https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp01_Banana_es.pdf).
- [2] G. Naranjo, «Sector bananero ecuatoriano,» Universidad de Ambato, Ecuador, 2019.
- [3] FAO «La economía mundial del banano 1985-2002,» 2004. [En línea]. Available: [fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm#Contents..](http://fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm#Contents..)
- [4] FAO, «Banana Exportation Statistics,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/news/story/en/item/1057662/icode/>
- [5] R. V. Orozco, «El impacto del comercio del Banano El impacto del comercio del Banano,» AFESE, vol. 53, nº 53, p. 8, 2007.
- [6] H. R. Bonilla, O. T. Gómez y K. D. Dávila, «Hidrólisis enzimática de residuos agroindustriales del banano para la obtención de jarabe glucosado aplicando tres pretratamientos,» Industrial Data, vol. 18, nº 2, p. 101, 2015.
- [7] C. B. Cedeño, A. S. Briones y M. O. Torres, «El fortalecimiento de la comercialización del plátano mediante formas asociativas. caso de estudio el cantón el carmen de la provincia de Manabí,» Caribeña de Ciencias Sociales, vol. 8, nº 2, p. 1, 2018.
- [8] A. Haro, A. Borja y S. Triviño, «Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables,» Dominio de las ciencias, vol. 3, nº 2, pp. 506-525, 2017.
- [9] C. López y G. Ralda, «El uso de la cáscara de banano maduro, como insumo para la alimentación de ganado bovino,» Investigación, Tecnología e Innovación, vol. 5, nº 5, p. 99, 2013.
- [10] M. Á. Ordoñez y M. S. Cordero, «Utilización de los remanentes de banano deshidratado (cáscara de banano verde y madura, raquis y bráctea) en la elaboración de productos alimenticios,» Universidad EARTH, Costa Rica, 2006.
- [11] INIAP, «Banano, plátano y otras,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otrasmusaceas/>
- [12] MAGAP, «Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca,» 2011. [En línea]. Available: [http://www.magap.gob.ec/sigagro/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=414](http://www.magap.gob.ec/sigagro/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=414).

- [13] M. d. Ambiente, «Código Orgánico Ambiental,» 2017.  
[En línea]. Available: <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/05NOR2017-COA.pdf>.
- [14] D. G. Álvarez, «Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal,» Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia, 2013.
- [15] INEN-CODEX, «Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas (CAC/RCP 53-2003, IDT),» 2013.  
[En línea]. Available: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_codex\\_cac\\_rcp\\_53.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_codex_cac_rcp_53.pdf).
- [16] O. Neira, «Obtención y caracterización de harina de raquis de banano (Musa paradisiaca),» Universidad Señor de Sipán, Pimentel- Perú, 2018.
- [17] K. Carrión, «Reutilización de residuos de la cáscara de bananos (musa paradisiaca) y plátanos (musa sapientum) para la producción de alimentos destinados al consumo humano,» Universidad Guayaquil, Guayaquil- Ecuador , 2013.
- [18] K. Raza y D. Salazar, «Efecto de la incorporación de harina (pulpa-cáscara y cáscara) de banano (Musa cavendish) de rechazo en las propiedades tecno-funcionales y nutricionales de un embutido tipo chorizo,» Universidad de Ambato, Ambato - Ecuador, 2019.
- [19] E. Cevallos, M. Weil y Y. Chan, «Utilización de productos deshidratados de remanentes de banano para la elaboración de galletas y panes altos en fibra,» Tierra Tropical, vol. 6, nº 2, p. 4, 2009.
- [20] INEN, «Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento,» 1980. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/518.pdf>.

## LOS AUTORES



**Palacios Serrano Josselyn Melissa**, Egresada de la carrera de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.



**Vélez Vélez Gisbel Carolina**, Egresada de la carrera de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.



**Latorre Castro Gisela Beatriz**, Ingeniera Química, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Docente de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología.



**Cevallos Cedeño Ramón Eudoro**, Ingeniero Agroindustrial Ph.D., Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Docente de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología.



# El escape room como estrategia didáctica para el aprendizaje de la Física

Mera González Gloria Alexandra  
<https://orcid.org/0000-0002-4069-871X>  
lgamera@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Guayaquil-Ecuador

Vilma Esther Vásquez Cantillo  
<https://orcid.org/0000-0002-3961-7505>  
vilma.vasquez@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (23/08/2023), Aceptado (31/10/2023)

**Resumen:** La enseñanza de la mecánica dinámica en el campo de la física es un desafío pedagógico común, ya que los conceptos abstractos y matemáticos pueden resultar difíciles de asimilar para los estudiantes. En este contexto, las estrategias didácticas innovadoras se convierten en una herramienta valiosa para mejorar la comprensión y el aprendizaje de estos conceptos. Por lo tanto, en este trabajo, se ha implementado el escape room como una estrategia didáctica de aprendizaje. La investigación actual se basa en el enfoque mixto, con una población de 62 estudiantes y una muestra de 31, con los cuales se realiza una correlación y comparación entre los grupos experimentales. Se espera que la estrategia utilizada ayude a resolver el bajo rendimiento académico en el proceso de aprendizaje. Los principales resultados muestran que existe una importante motivación en los estudiantes cuando se aplica la estrategia de escape room, pero además se observa que el aprendizaje es notorio y significativo, lo cual contribuye a la mejora de las calificaciones y el desempeño estudiantil.

**Palabras clave:** Estrategia didáctica, escape room, metodologías de aprendizaje.

The escape room as a didactic strategy for learning physics

**Abstract.-** Teaching dynamic mechanics in physics is a common pedagogical challenge, as abstract and mathematical concepts can be difficult for students to assimilate. In this context, innovative teaching strategies become a valuable tool to improve the understanding and learning of these concepts. Therefore, this work has implemented the escape room as a didactic learning strategy. The current research is based on a mixed approach, with a population of 62 students and a sample of 31, with which a correlation and comparison between the experimental groups is made. It is expected that the strategy used will help to solve the low academic performance in the learning process. The main results show a significant motivation in students when the escape room strategy is applied. Still, it is also observed that learning is noticeable and significant, which improves grades and student performance.

**Keywords:** Didactic strategy, escape room, learning methodologies.



## I. INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 ha provocado cambios en todos los ámbitos, incluyendo la salud, la economía, la política, el trabajo y la educación. Tanto los profesores como estudiantes han tenido que implementar y adaptar estrategias y metodologías, utilizando tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para lograr un excelente proceso de aprendizaje. Sin embargo, a pesar del tiempo transcurrido, estos principios y criterios que abarcan diferentes modelos pedagógicos como el modelo tradicional, cognitivo, experiencial, entre otros, no han sido suficientes para llegar al estudiante de manera efectiva. Puesto que, la actual generación está inmersa en los avances tecnológicos y la era digital, lo que hace que sea más difícil captar su atención, debido a los constantes distractores que se tienen como resultado de una educación virtual, en la que la tecnología y el ambiente juegan un papel importante en el desempeño de cada uno de los estudiantes. De tal manera que La motivación desempeña un papel crucial en asegurar el éxito del proceso de aprendizaje y en la evaluación de un plan educativo, ya que cuando un estudiante está motivado, la eficacia de la tarea educativa se ve potenciada[1].

Ante las circunstancias, se emplean diversas herramientas y procesos para facilitar la adquisición de conocimiento y su aplicación en situaciones cotidianas. En la actualidad, en el marco de diversas metodologías y estrategias didácticas utilizadas para el proceso de aprendizaje, se destaca la gamificación. Esta estrategia se presenta como una herramienta versátil que ofrece al estudiante la oportunidad de comprometerse en el proceso de aprendizaje y en la resolución de problemas. La gamificación se aplica en diferentes ámbitos, como el marketing, la innovación y la gestión del talento, con el propósito primordial de motivar a los participantes y fortalecer habilidades y destrezas que contribuyan a su desarrollo integral, resultando en un mejor desempeño y logros personales.

Una de las herramientas de gamificación empleadas en el proceso de aprendizaje es el "Escape Room", cuyo propósito en el ámbito educativo es estimular la acción y fomentar el aprendizaje a través de la experiencia práctica, promoviendo una inmersión única en el proceso de adquisición de conocimientos. Este enfoque se implementó exitosamente en un colegio de Madrid, donde se diseñó de manera interdisciplinaria, combinando aspectos de física y química. Los objetivos didácticos se fundamentaron en los contenidos de ambas asignaturas, así como en los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje. Los resultados revelaron un estudiante autónomo que se sumergió por completo en su propio proceso de aprendizaje, al tiempo que desarrollaba habilidades y competencias esenciales, como el pensamiento crítico, una actitud activa y participativa, y la capacidad de trabajar en equipo, entre otros [2]. En este contexto, el proceso de aprendizaje ha venido cambiando con el tiempo, uno de los más aplicados se basa en la teoría del constructivismo, donde los estudiantes son protagonistas de su aprendizaje a partir de la experiencia, contribuyendo al aprendizaje significativo. De tal manera, la pedagogía actual apuesta por metodologías como el aprendizaje colaborativo y cooperativo, capaces de otorgar mayor libertad al alumnado para desarrollar su pensamiento, al mismo tiempo que interactúan y se relacionan con el resto [3], [4]. Teniendo en cuenta que, incluir este tipo de interacciones requiere una mayor planificación, mayor esfuerzo creativo por parte de los educadores y estar continuamente actualizados de las potencialidades que brindan todos los entornos, herramientas, aplicaciones, plataformas y modalidades para desarrollar este tipo de experiencias de aprendizaje significativo en el aula [5].

En el Ecuador, actualmente se incursiona en la innovación educativa y con ello cambiar la educación tradicional por una constructivista o actualizada, acorde a los estudiantes del siglo XXI, donde la herramienta principal es la tecnología. Por ende, se han aplicado en algunas instituciones el Escape Room como estrategia pedagógica para la enseñanza, los resultados han sido importantes, sobre todo en el trabajo en equipo, la agilidad mental, el pensamiento crítico, el desenvolvimiento individual y la toma de decisiones [6].

Por lo tanto, se propone la implementación de un enfoque pedagógico basado en herramientas digitales, actividades de naturaleza lúdica y metodologías activas, con el empleo de una estructura inspirada en el concepto de un "escape room" como estrategia didáctica aplicada al campo de la física. El objetivo primordial de esta iniciativa es fomentar un mayor interés por el proceso de aprendizaje, mejorar el desempeño académico de los estudiantes, incrementar su motivación intrínseca y contribuir al logro de un aprendizaje significativo.

Para llevar a cabo esta propuesta, se ha llevado a cabo un estudio en la Unidad Educativa Ecomundo Babahoyo, centrado en los estudiantes de segundo año de bachillerato. Estos estudiantes se caracterizan por su baja participación en las clases, una escasa disposición hacia el rendimiento en exámenes de corte tradicional y una falta de entusiasmo por el proceso de adquisición de conocimientos.

La planificación del "escape room" se ha estructurado en tres fases distintas. En la etapa inicial, se definió la unidad de estudio, se establecieron los hilos conductores que conectarían los conceptos clave, se determinó el tópico generativo y se enunciaron las metas de comprensión. La segunda fase consistió en la selección de problemas a resolver, basados en la taxonomía de Bloom, la identificación de retos que permitieran la aplicación de la teoría en la práctica, y la asignación de roles específicos a cada miembro del grupo. La tercera etapa se centró en la consideración de parámetros externos que influirían en el desarrollo de la actividad, incluyendo recursos físicos, recursos digitales, configuración del escenario y pistas de resolución. Una vez implementada esta estrategia didáctica, se procedió a analizar los resultados del aprendizaje, los cuales se reflejaron en el rendimiento académico de los estudiantes y en el desarrollo de sus destrezas y habilidades individuales.

## II. DESAROLLO

A lo largo de la historia, el campo de la educación ha experimentado la implementación y exploración de diversas metodologías y estrategias didácticas con el objetivo de optimizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, es fundamental considerar los factores que influyen en el desarrollo y desempeño académico, especialmente cuando se comparan las clases estructuradas de manera tradicional con aquellas que buscan abordar un enfoque más contemporáneo y efectivo.

Uno de los desafíos principales que la educación actual afronta radica en la creación de un vínculo sólido y coherente entre la teoría y la práctica. Esto implica la aplicación efectiva de los conocimientos adquiridos en el aula hacia la resolución de problemas y situaciones del mundo real.

En el contexto de esta investigación, la estrategia de gamificación se sustenta en el marco teórico del constructivismo, que se atribuye a Piaget. Este enfoque pone un fuerte énfasis en el rol activo del estudiante en la construcción de su propio conocimiento, lo que implica un desarrollo intelectual en respuesta a diversas situaciones. En este proceso, la experiencia previa y el conocimiento existente desempeñan un papel fundamental en la facilitación del aprendizaje[7]. Para lograr este propósito, resulta esencial recurrir a estrategias didácticas y metodologías adecuadas que guíen y faciliten la adquisición de contenidos de manera efectiva. Esto requiere una cuidadosa organización y planificación de actividades educativa [8]. En la actualidad, algunas de las estrategias didácticas que se emplean con mayor frecuencia para alcanzar estos objetivos incluyen:

Aprendizaje basado en problemas: Se trata de un enfoque que incita al estudiante a buscar información de manera activa con el fin de abordar el problema que origina el conflicto cognitivo. Durante este proceso, se fomenta la construcción autónoma del conocimiento, el desarrollo de habilidades de investigación y la promoción de relaciones colaborativas y un sentido de pertenencia entre los miembros del equipo de trabajo [9].

Aprendizaje basado en retos: Es una metodología que se presta al enfoque interdisciplinario, permitiendo la integración de múltiples asignaturas para la creación de un solo producto mientras desarrolla una variedad de habilidades, todo ello en contextos de la vida real. Esta metodología compromete activamente a los estudiantes al involucrarlos en situaciones auténticas y significativas, comprometidos en la exploración de un tema, asumiendo responsabilidades, organizando recursos y espacios, y profundizando en el proceso de aprendizaje. Este enfoque proporciona una variedad de estímulos que impulsan la motivación intrínseca y, en consecuencia, facilitan el proceso de adquisición de conocimientos [10].

Aprendizaje basado en proyectos: es una metodología activa que aborda la desmotivación estudiantil al permitir que los alumnos se involucren en investigaciones autónomas. Puede ser implementado como una estrategia pedagógica que capacita a los estudiantes para involucrarse en procesos de investigación de forma independiente, reduciendo así las restricciones asociadas con la enseñanza tradicional. De la misma manera implica la generación de conocimiento a través de la interacción con la realidad [11].

En la educación, la gamificación es una estrategia metodológica de gran frecuencia, debido que presenta actividades que agregan flexibilidad en el aprendizaje de los estudiantes, de la misma manera incrementa la motivación, desenvolvimiento académico e incluso hace énfasis en las habilidades de pensamiento crítico, la toma de decisiones, solución de problemas complejos, desarrollando diferentes competencias y habilidades [12]. En este enfoque un elemento lúdico y gamificador del contenido educativo es el escape room, este tiene una serie de características comunes como el entorno temático, puzzles con diferentes grados de dificultad, un tiempo limitado para resolver, cooperación con los miembros del equipo, pistas que implican el análisis e interpretación, retos inmersos, uso de símbolos o códigos, promoviendo actividades de búsqueda, observación, memorización, distribución de roles cuyo objetivo principal sea destacar los retos y propuestas de aprendizaje que permitan salir de la sala de escape. Cabe recalcar que todo juego implementado en un contexto educativo ha de diseñarse como medio del aprendizaje [13], [14]. Además de jugar, se genera una experiencia lúdica y emocionante donde los estudiantes aumentan el interés y compromiso con el aprendizaje. Por ende, el escape room es considerado como una estrategia metodológica orientada a la teoría del constructivismo, ya que se basa en las experiencias generadas con su entorno para fortalecer y desarrollar los conocimientos, mediante un proceso activo y significativo que va más allá de los conceptos y la teoría. Además, mediante el desarrollo de cada uno de los retos inmersos en el escape room, se evalúan los conocimientos adquiridos en clases, las destrezas y habilidades de cada uno de los participantes.

Según la referencia [15], la dinámica es considerada como la relación entre el movimiento y las fuerzas que lo causan, las cuales son descritas por las tres leyes de Newton, que serán consideradas para este estudio, tomando en cuenta las variables asociadas y su aplicación en situaciones reales. De manera que sea posible identificar la teoría newtoniana con los distintos retos que se presentan en la estrategia didáctica.

### III. METODOLOGÍA

En este trabajo se utilizó la gamificación como estrategia metodológica aplicada en el escape room desarrollada bajo los conceptos fundamentales de dinámica de la física para finalmente evaluar la influencia de este enfoque en el proceso de aprendizaje de estudiantes de segundo año de bachillerato de la Unidad Educativa Ecomundo Babahoyo, ubicada en Ecuador. Esta estrategia se desarrolló siguiendo una metodología de enfoque mixto, correlacional, de carácter aplicado, con un muestreo probabilístico aleatorio estratificado teniendo en cuenta una población de 62 estudiantes y una muestra de 31 fueron sujetos a análisis y correlación de acuerdo con los resultados obtenidos.

Siguiendo el diseño metodológico empleado, se procedió a la selección de dos grupos de estudiantes: uno de control, compuesto por 31 participantes, y otro experimental, también con 31 estudiantes, como se muestra en la Figura 1. En el grupo de control, se llevó a cabo una clase y una evaluación siguiendo métodos tradicionales. En este caso, el docente impartió los contenidos relacionados con la unidad de estudio mediante clases magistrales y luego evaluó el aprendizaje de los estudiantes a través de una evaluación sumativa convencional.

Por otro lado, en el grupo experimental se implementó la estrategia del "escape room", que consiste en un circuito que comprende seis retos que deben ser resueltos para poder salir de la sala. Durante la ejecución de este enfoque, los estudiantes fueron evaluados de manera continua a medida que enfrentaban y superaban los desafíos planteados, aplicando los conocimientos adquiridos en el proceso.



Fig. 1. Componentes utilizados en la metodología.

Considerando estos elementos, se procedió a la formulación de las hipótesis de investigación con el objetivo de evaluar la influencia de la estrategia didáctica de gamificación escape room en el fomento del aprendizaje significativo. Las hipótesis planteadas se detallan a continuación:

Hipótesis Nula (H0): La implementación de la estrategia didáctica de gamificación escape room no genera una contribución significativa al proceso de aprendizaje relacionado con la unidad de dinámica de partículas en el ámbito de la física.

Hipótesis Alternativa (H1): La aplicación de la estrategia didáctica de gamificación escape room presenta una contribución significativa al proceso de aprendizaje de la unidad de dinámica de partículas en la materia de física.

Estas hipótesis se establecieron con el propósito de examinar y determinar de manera objetiva la efectividad de la estrategia de gamificación escape room en el contexto específico de la enseñanza de la dinámica de partículas en el campo de la física.

El escape room se llevó a cabo con un enfoque centrado en las temáticas de dinámica de partículas y movimiento, que son componentes relevantes de la materia de física. La idea era que los estudiantes pudiesen aplicar los conceptos teóricos adquiridos para poder descifrar los retos encontrados (fig.2).

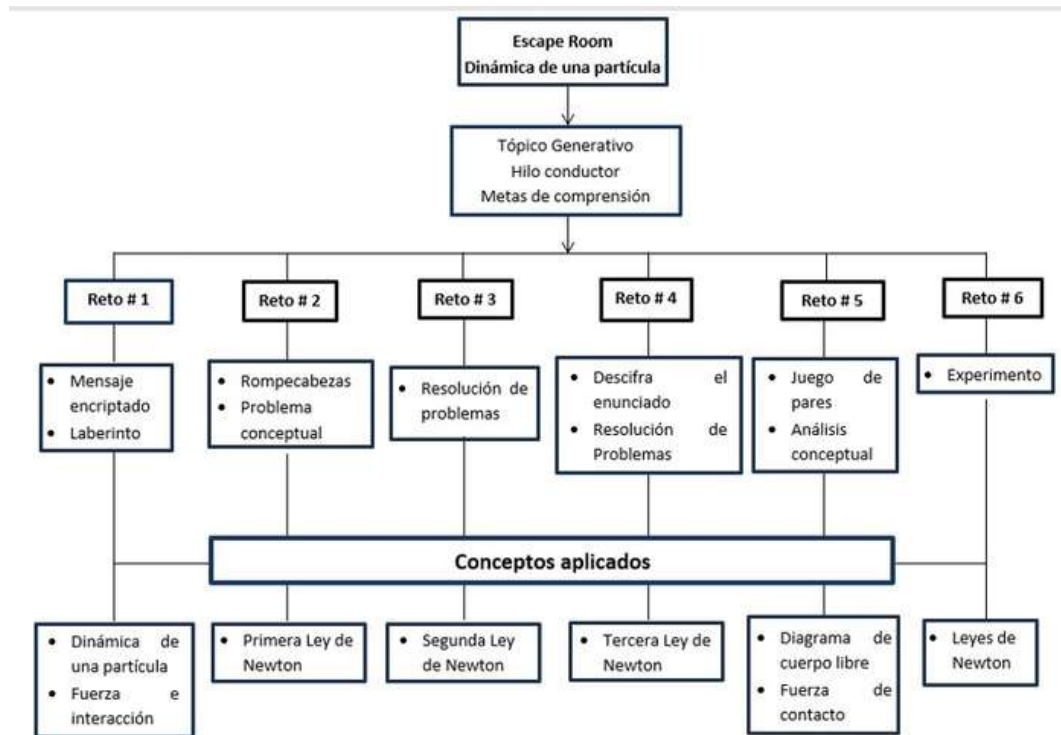


Fig. 2. Diagrama de la estructura de la estrategia didáctica - Escape Room.

Para el diseño de la estrategia didáctica se hicieron tres fases:

a. Fase 1:

Para esta fase se abordó el tópico generativo de gran relevancia, el hilo conductor centrado en la aplicación de los conocimientos adquiridos en clase y las metas de comprensión basadas en la unidad de dinámica de física.

b. Fase 2:

En este sentido, los temas abordados en esta estrategia engloban tanto los aspectos teóricos como prácticos. Cada uno de los seis retos planificados se sustenta en la taxonomía de Bloom, lo que posibilita la jerarquización de los procesos cognitivos. De esta manera, se inicia el desarrollo consolidando los fundamentos teóricos, culminando finalmente con la aplicación y resolución de problemas.

Para el reto número uno se utilizaron los conceptos asociados a la dinámica de la partícula, los fundamentos de fuerza y la interacción entre ellas, que son los elementos principales de la dinámica del movimiento, para ello se les proporcionó a los estudiantes un sobre con cartillas donde debían descifrar el mensaje encriptado y encontrar el camino correcto para salir del laberinto. Por otro lado, con el fin de consolidar los conceptos de la inercia, fundamento de la primera ley de Newton, en el reto dos se facilita un rompecabezas para acceder a la descripción y resolución de problemas.

De la misma manera, tomando en cuenta los conceptos de la aceleración de un objeto y la fuerza, relacionados con la segunda ley de Newton, se debía realizar un ejercicio propuesto asociado a un sistema de poleas. Por otra parte, para consolidar los fundamentos de la acción y reacción de una fuerza ejercida en un objeto, se otorgó un enunciado con el fin de establecer el correcto y utilizarlo en la resolución de problemas.

Cada uno de los retos propuestos están orientados para que el estudiante construya su propio conocimiento y lo asocie con la experiencia o experimentación. Para cada cuerpo u objeto analizado bajo las leyes de Newton se debe establecer el diagrama de cuerpo libre y las fuerzas de contacto, por ello en el reto cinco se le proporciona al estudiante un juego de pases y análisis conceptual de una situación real. Finalmente, con el propósito de aplicar la teoría a la práctica que abarca las leyes de Newton, el estudiante debía desarrollar un experimento con los materiales del entorno.

Establecidos los retos a resolver se determinan los roles de cada integrante del grupo preestablecido, considerando las responsabilidades asignadas en la tabla 1:

**Tabla 1.** Análisis de proteína de las harinas.

ROLES	RESPONSABILIDADES
Mediador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediador de problemas</li> <li>• Motiva a lograr las metas</li> <li>• Garantiza que todos en el grupo comprendan y puedan explicar sus ideas.</li> </ul>
Portavoz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secretario, toma apuntes de las ideas</li> <li>• Mantiene la comunicación social</li> <li>• Interactúa con el maestro y demás grupos sobre dudas</li> </ul>
Indagador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controla que se cumpla el tiempo asignado</li> <li>• Realiza las preguntas en el grupo</li> <li>• Realiza las investigaciones necesarias</li> </ul>
Colaborador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aporta con ideas creativas</li> <li>• Maneja los recursos disponibles</li> <li>• Mantiene el orden y limpieza</li> <li>• Colabora para que nadie se retrase</li> </ul>

### c. Fase 3: Contexto del escape room

Para esta fase se utilizó un tema conocido por los estudiantes. En este sentido, se consideró una historia de super héroes, donde la idea principal era conseguir una piedra preciosa a través de la resolución de retos. Todos los materiales empleados, estuvieron en sintonía con la temática de los super héroes, de tal manera que fuera más atractivo para los estudiantes. De la misma manera, las pistas para desarrollar los retos y las recompensas se realizaron de acuerdo con el entorno educativo proporcionado.

## IV. RESULTADOS

Para este trabajo se consideró un grupo de control y uno experimental, en los cuales se aplicó una estrategia clásica en el grupo de control y la estrategia de gamificación escape room en el grupo experimental, logrando observar los siguientes resultados:

Al evaluar cada proceso de aplicación de las diferentes estrategias se obtuvieron resultados que difieren en el grupo de control y el experimental. El promedio de calificaciones obtenido con las pruebas tradicionales fue de 7,65/10, mientras que los estudiantes que incursionaron en la estrategia de gamificación escape room el promedio fue de 9,26/10. Esto permite reconocer un buen rendimiento académico y, por ende, la contribución al aprendizaje significativo, además de las destrezas y habilidades desarrolladas durante la ejecución del circuito de juegos.

Para determinar los análisis estadísticos tanto descriptivos como inferenciales, se utilizó el software SPSS. Se tomó en cuenta un intervalo de confianza del 95%. Además, se realizaron pruebas no paramétricas ya que las muestras no presentaban un comportamiento de normalidad. Según se aprecia en la tabla 2 el índice estadístico, en ambos casos el p valor es menor que 0,05. Por lo tanto, se aplicó la Prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 2.** Prueba de normalidad.

Pruebas de normalidad							
	ESTRATEGIA	Kolgomorov - Smirnova			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CALIFICACIONES	ESCAPE ROOM	0,44	31	0,000	0,612	31	0,000
	TRADICIONAL	0,186	31	0,008	0,894	31	0,005

Para comparar la hipótesis, primero se efectúa la prueba en dicha comparación entre el grupo experimental y control, haciendo uso de la prueba U de Mann Whitney como se visualiza en la tabla 3 y tabla 4, de la misma manera se encuentran los datos de ambos grupos en la tabla 5.

**Tabla 3.** Rangos.

	ESTRATEGIA	N	Rango promedio (Puntos)	Suma de rangos (Puntos)
CALIFICACIONES	SCAPERROOM	31	39,29	1218,00
	TRADICIONAL	31	23,71	735,00
	<b>Total</b>	<b>62</b>		

**Tabla 4.** Estadísticos de contraste.

	CALIFICACIONES
u DE Mann-Whitney	239,000
W de Wilcoxon	735,000
Z	-3,685
Sig. Asintót. (bilateral)	0,000



**Tabla 5.** Pruebas de Hipótesis.

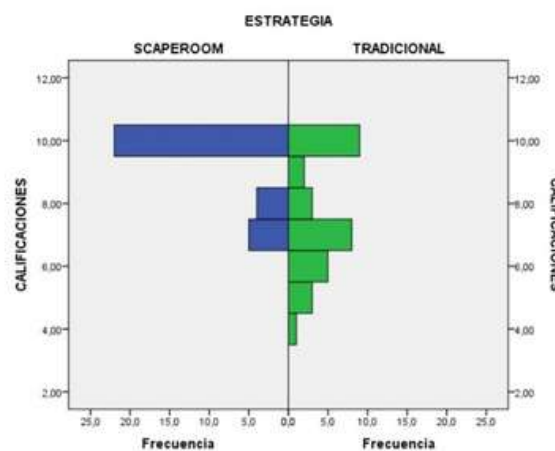
Prueba estadística		
Estadísticos	Grupo 1	Grupo 2
	Grupo experimental	Grupo de control
Tamaño de la muestra =	31	31
Media =	9,2561	7,6452
Desviación estándar =	1,21017	1,87169
¿Los datos provienen de una distribución normal?	1 ___ Si 2 <b>X</b> No	1 ___ Si 2 <b>X</b> No
Establecer un nivel de significancia ( $\alpha$ ) 0,05 (5%)		
Indicar la prueba estadística: Prueba U de Mann Whitney		
Valor de p = 0,000254		

Por lo tanto, de acuerdo al análisis realizado y las hipótesis planteadas, se determina que aplicando la estrategia didáctica de gamificación escape room en el grupo experimental, se obtienen calificaciones mayores en comparación con el grupo de control, por lo que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis H1 (Tabla 6) debido que contribuye al aprendizaje significativo, se ve reflejado una mejora en el rendimiento académico, desarrollo de destrezas y habilidades, ya que la estrategia está diseñada de tal manera que los estudiantes construyan su propio aprendizaje aplicado a la práctica basada en la teoría.

**Tabla 6.** Resumen de la prueba de hipótesis.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de CALIFICACIONES es la misma entre las categorías de ESTRATEGIA.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula

Al examinar la correlación entre la variable independiente, que son las estrategias aplicadas (tanto la tradicional como el método Escape Room), y la variable dependiente, que son las calificaciones obtenidas después de completar el respectivo proceso, se evidencia un cambio sustancial en los puntajes. La implementación de una estrategia didáctica fundamentada en la gamificación conduce a un incremento en estas calificaciones, resultando un mejor desempeño académico centrado en la aplicación práctica de los conceptos fundamentales de la mecánica dinámica. Estos cambios se hacen notorios a través del análisis del histograma (fig.3).



**Fig. 3.** Histograma de estrategias aplicadas.

## CONCLUSIONS

Según los resultados del grupo experimental, se destaca un mayor nivel de interés en la ejecución de los desafíos que se presentan en el Escape Room. Los estudiantes adquieren diversas habilidades y destrezas al participar en actividades grupales con el propósito de competir y obtener la calificación más alta. Al formar los grupos, una observación relevante es que un 95% de los estudiantes se involucraron activamente y desempeñaron sus roles asignados. Hubo escasas preguntas o inquietudes implícitas acerca de los ejercicios propuestos.

Se observa una gran diferencia al momento de aplicar una clase magistral y por ende una evaluación tradicional al grupo de control, ya que la mayoría del aprendizaje es memorístico y se ejecuta de forma sistemática sin comprender los conceptos. Esto hace que pocos obtengan una buena calificación y no desarrollen alguna habilidad o destreza de la misma manera que en un grupo. Bajo estas condiciones, cada una de las personas involucradas realiza su aporte de acuerdo con su desenvolvimiento e interés.

La gamificación constituye una estrategia didáctica activa, arraigada en el enfoque constructivista, cuyo propósito fundamental es potenciar la mejora continua del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Al incorporar actividades lúdicas, tales como juegos y competencias, en un entorno distinto al aula tradicional, se empodera al estudiante como el protagonista y responsable de su propio proceso de aprendizaje, mientras que el docente cumple un papel de guía en este proceso. Esta estrategia ejerce un impacto positivo en el desempeño académico y en el desarrollo de aptitudes y habilidades de los estudiantes.

Para concluir, uno de los objetivos del escape room es promover entre los estudiantes la cultura del aprendizaje autónomo, y para lograrlo, se implementan problemas basados en situaciones cotidianas, lo que implica llevar la teoría a un contexto familiar para los estudiantes. De esta forma, se refuerzan y consolidan los diversos conceptos y teorías relacionados con la mecánica dinámica.

## REFERENCIAS

- [1] R. S. Contreras Espinosa, «Juegos digitales y gamificación aplicados en el ámbito de la educación,» RIED. Revista iberoamericana de educación a distancia, vol. 19, nº 2, pp. 27-33, 2016.
- [2] G. P. Laura Tajuelo, «Un ejemplo de actividad de escape room sobre física y química en educación secundaria,» Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 18, nº 2, 28 Enero 2021.
- [3] J. FERNÁNDEZ-RIO, « El Ciclo del Aprendizaje Cooperativo: una guía para,» Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, nº 32, pp. 264-269, 2017.
- [4] A. GARCÍA-VALCÁRCEL y V. y. L. C. BASILOTTA, «Las TIC en el aprendizaje colaborativo en el aula de Primaria y Secundaria,» Revista científica de Educomunicación, vol. 21, nº 42, pp. 65-74, 2013.
- [5] Rosa García-Ruiz, Amor Pérez-Rodríguez y Ángel Torres, Educar para los nuevos Medios, Quito: ABYA-YALA, 2018.
- [6] L. S. A. Espinosa, ESCAPE ROOMS COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica, 2021, p. 139.
- [7] G. WALDEGG, «Principios constructivistas para la Educación Matemática,» Revista EMA, vol. 4, nº 1, pp. 15-31, 2015.
- [8] C. H. Sandoval, «La Educación en Tiempo del Covid-19 Herramientas TIC: El Nuevo Rol Docente en el Fortalecimiento del Proceso Enseñanza Aprendizaje de las Prácticas Educativa Innovadoras,» Revista Docentes 2.0, vol. 9(2), pp. 24-31, Septiembre 2020.

- [9] Verónica Jacqueline Guamán Gómez, Eudaldo Enrique Espinoza Freire,, «Aprendizaje basado en problemas para el proceso de enseñanza-aprendizaje,» Revista Universidad y Sociedad, vol. 14, nº 2, pp. 124-131, 2022.
- [10] Graciela Elizabeth Castillo Córdova, José Bladimir Chalacán Mayón, Jessica Tatiana Villalta Vivanco, Stalin Vinicio Jiménez Guerrero, «Aprendizaje basado en retos como metodología para mejorar la comprensión lectora en estudiantes de básica media.,» Revista social fronteriza, vol. 3, nº 1, pp. 75-96, 2023.
- [11] M. Fernández Cabezas, «Aprendizaje basado en proyectos en el ámbito universitario : una experiencia de innovación metodológica en educación,» Revista INFAD, vol. 2, nº 1, 2017.
- [12] Mónica Janeth Castillo Mora, María Guadalupe Escobar Murillo, Rocío de los Ángeles Barragán Murillo,, «La Gamificación como herramienta metodológica en la enseñanza,» Polo del conocimiento , vol. 7, nº 1, pp. 686-701, 2022.
- [13] Iván Moreno Lozano, Alberto Quílez-Robres, José María Matesanz, «El escape room en el ámbito educativo: análisis de una práctica de aula en Matemáticas,» Revista Educación, vol. 47, nº 2, 2023.
- [14] Bilbao Quintana, Naiara; Romero Andonegui, Ainara; Portillo Berasaluce, Javier; López de la Serna, Arantzasu, «Escape room digital para el desarrollo del aprendizaje colaborativo en educación superior,» Education in the knowledge society, vol. 23, pp. 1-14, 2022.
- [15] S. Zemansky, Física Universitaria, México: PEARSON EDUCACIÓN , 2009.
- [16] ORTEGA, ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN, 2018.

## AUTORA



**Gloria Mera**, es ingeniera en petróleo. Maestrante del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. Docente de la Unidad Educativa Ecomundo Babahoyo.

# Aplicaciones interactivas como estrategia didáctica en el desarrollo de las competencias matemáticas

Michelle Gilly Gorozabel Chata  
<https://orcid.org/0000-0002-3354-7075>  
mgorozabel8992@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Mirian Elena Alcivar Cruzatty  
<https://orcid.org/0000-0003-0270-8152>  
mirian.alcivar@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Tito Alberto Gorozabel Chata  
<https://orcid.org/0000-0001-8953-3310>  
tito.gorozabel@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (19/08/2023), Aceptado (11/10/2023)

**Resumen:** En este trabajo se analizó la eficacia de las aplicaciones interactivas como estrategia didáctica en el desarrollo de las competencias matemáticas en los estudiantes de primaria. Se trata de un estudio explicativo, exploratorio, cuasi experimental y longitudinal. Se trabajó con un grupo de control y otro experimental. La población estuvo compuesta por 38 estudiantes de primaria. Los principales resultados muestran que las aplicaciones tecnológicas interactivas son eficaces como estrategia didáctica en el desarrollo de las competencias matemáticas, logrando alcanzar una diferencia significativa en las pruebas aplicadas al grupo de control, en correspondencia con el grupo experimental. Estos hallazgos revelan que la enseñanza de las matemáticas debe ser innovadora sin descuidar los elementos clásicos que hacen posible el aprendizaje significativo.

**Palabras clave:** Aplicaciones tecnológicas, estrategia didáctica, competencias matemáticas.

Interactive applications as a didactic strategy in the development of mathematical skills

**Abstract.-** This paper analyzed the effectiveness of interactive applications as a didactic strategy in developing mathematical skills in primary school students. This is an explanatory, exploratory, quasi-experimental, and longitudinal study. We worked with a control group and an experimental group. The population consisted of 38 primary school students. The main results show that interactive technological applications are effective as a didactic strategy in developing mathematical skills, achieving a significant difference in the tests applied to the control group in correspondence with the experimental group. These findings reveal that teaching mathematics must be innovative without neglecting the classical elements that make meaningful learning possible.

**Keywords:** Technological applications, didactic strategy, mathematical competencies.



## I. INTRODUCCIÓN

La educación en matemáticas es un tema crucial y ha representado desafíos significativos para muchos estudiantes en diferentes países. Respecto a ello, investigadores como Fernández [2] ponen de manifiesto que los principales obstáculos que se presentan en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas tienen su origen en la dificultad que tienen los estudiantes para comprender conceptos básicos matemáticos, manejar con asertividad las reglas aritméticas, limitaciones para organizar espacialmente los cálculos aritméticos y abordar de manera asertiva aquellos símbolos aritméticos que forman parte de distintas operaciones.

Sin embargo, no se puede dejar de un lado la educación tradicional, que ha sido un componente fundamental en la formación de científicos a lo largo de la historia, y muchos de los grandes logros científicos se han alcanzado gracias a este enfoque educativo. Algunos de los más relevantes son la Teoría de la relatividad de Einstein en 1905 y la teoría de la relatividad general en 1915, que revolucionaron la comprensión del espacio, el tiempo y la gravedad. Además, las Leyes del movimiento de Newton, el descubrimiento de la estructura del ADN por Francis Crick y James Watson, en 1953. Pero también la Teoría de la evolución de Darwin, por Charles Darwin, así como el desarrollo de la teoría cuántica, por los Físicos Max Planck y Niels Bohr. También vale la pena mencionar a la Ley de la conservación de la energía de Joule. Estos ejemplos destacan cómo la educación tradicional, que a menudo incluye la adquisición de conocimientos académicos y habilidades científicas a través de instituciones educativas formales, ha sido esencial para el desarrollo de importantes avances científicos a lo largo de la historia. Sin embargo, también es importante destacar que la educación formal es solo uno de los factores que contribuyen al éxito en la ciencia, y la creatividad, la curiosidad y la perseverancia también desempeñan un papel crucial en la investigación científica.

A medida que transcurre la historia resulta necesario incorporar nuevos elementos que sean complementarios para la educación tradicional, y que promuevan el interés en las nuevas generaciones que son cada vez más tecnológicas y aceleradas. De ahí que en este trabajo se considere la incorporación de aplicaciones web interactivas como estrategia educativa para la formación en matemáticas, producto de las observaciones continuas de bajas calificaciones en la asignatura y dificultades para la comprensión de los conceptos.

## II. DESARROLLO

### A. Estrategias didácticas

La enseñanza consiste esencialmente en proporcionar apoyo a la actividad constructiva de los alumnos, define las estrategias de enseñanza como todas aquellas ayudas planteadas por el docente que se le proporcionan al estudiante para facilitar un procesamiento más profundo de la información; es decir, procedimientos o recursos utilizados por quien enseña para promover aprendizajes significativos [7].

El docente es responsable de enseñar, pero es una construcción colectiva que resulta de interacciones continuas con los estudiantes y el contexto educativo. Las estrategias de aprendizaje deben ser una guía flexible y consciente para conseguir las metas que se formulan en el proceso de aprendizaje, se pueden aplicar de diversas maneras como modelo, lo que permite al instructor replicar y modificar sus materiales didácticos. En este contexto, las estrategias didácticas se pueden definir como enfoques y métodos que los educadores utilizan para facilitar el aprendizaje y la comprensión de los estudiantes.

Hay una amplia variedad de estrategias didácticas disponibles, y su elección depende del contenido que se enseñe, los objetivos educativos y las necesidades de los estudiantes. A continuación, se presentan algunas de ellas:

- Lectura y discusión en clase: Los educadores pueden utilizar lecturas y discusiones en clase para introducir y explorar nuevos conceptos. Esto fomenta la participación activa de los estudiantes y promueve el pensamiento crítico.
- Aprendizaje colaborativo: El aprendizaje colaborativo implica que los estudiantes trabajen juntos en proyectos, discusiones o actividades. Esto fomenta la colaboración, el intercambio de ideas y el desarrollo de habilidades sociales.
- Enseñanza magistral: Aunque a veces se considera tradicional, la enseñanza magistral sigue siendo una estrategia valiosa en la que el educador presenta información de manera clara y estructurada a toda la clase
- Aprendizaje basado en proyectos (ABP): El ABP involucra a los estudiantes en proyectos a largo plazo que requieren investigación, resolución de problemas y presentación de resultados. Esta estrategia fomenta la autonomía y la aplicación de conocimientos.
- Aprendizaje basado en problemas (ABP): Similar al ABP, el ABP presenta a los estudiantes problemas del mundo real que deben resolver mediante la investigación y el pensamiento crítico.
- Aprendizaje a través de juegos y simulaciones: Los juegos y las simulaciones pueden hacer que el aprendizaje sea divertido y efectivo al presentar conceptos de manera interactiva y práctica.
- Aprendizaje en línea o a distancia: El aprendizaje en línea o a distancia utiliza la tecnología para facilitar el acceso a la educación y puede incluir videos, foros de discusión, actividades interactivas y más.
- Aprendizaje auto-dirigido: En este enfoque, los estudiantes asumen la responsabilidad de su propio aprendizaje, estableciendo metas y eligiendo recursos y actividades que les ayuden a alcanzar esas metas.
- Métodos de resolución de problemas: Estos métodos se centran en la resolución de problemas prácticos y se utilizan comúnmente en disciplinas como las ciencias y la ingeniería.
- Enseñanza diferenciada: Los educadores adaptan la instrucción para satisfacer las necesidades individuales de los estudiantes, teniendo en cuenta sus estilos de aprendizaje y niveles de habilidad.
- Evaluación formativa: La evaluación formativa implica evaluar el progreso de los estudiantes durante todo el proceso de aprendizaje para identificar áreas de mejora y ajustar la enseñanza en consecuencia.
- Aprendizaje basado en la resolución de casos: Los estudiantes analizan y resuelven casos o situaciones problemáticas del mundo real para aplicar sus conocimientos y habilidades.
- Métodos visuales y multimedia: El uso de gráficos, videos y otras formas visuales y multimedia puede ayudar a los estudiantes a comprender conceptos de manera más efectiva.
- Aprendizaje activo: Los educadores fomentan la participación activa de los estudiantes a través de actividades que requieren que los estudiantes piensen, hablen o escriban.
- Aprendizaje reflexivo y diarios de aprendizaje: Los estudiantes reflexionan sobre su aprendizaje y mantienen registros escritos de sus pensamientos y experiencias.

Es importante mencionar que la elección de la estrategia didáctica adecuada depende de los objetivos de aprendizaje, el contenido, los recursos disponibles y las preferencias del educador y los estudiantes. A menudo, una combinación de diferentes estrategias puede ser la más efectiva para abordar las diversas necesidades de los estudiantes y lograr un aprendizaje significativo.

## B. La enseñanza de las matemáticas

Para abordar estos problemas y mejorar la educación en matemáticas en la primaria, es importante que los sistemas educativos implementen métodos pedagógicos más efectivos, fomenten la comprensión en lugar de la memorización, proporcionen apoyo adicional a los estudiantes que lo necesiten y promuevan la motivación a través de la relevancia y la aplicación de las matemáticas en situaciones cotidianas y futuras carreras. Además, es esencial abordar las desigualdades en la educación para garantizar que todos los estudiantes tengan igualdad de oportunidades para tener éxito en matemáticas. Algunos de los problemas asociados con la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas a menudo se deben a una serie de factores como:

- **Falta de bases sólidas:** Uno de los problemas más comunes es la falta de bases sólidas en matemáticas desde etapas anteriores de la educación. Si los estudiantes no comprenden los conceptos fundamentales en grados previos, pueden tener dificultades para avanzar en sus estudios. Esto puede deberse a problemas en la enseñanza primaria y secundaria, donde a veces se enfatiza la memorización en lugar de la comprensión profunda.
- **Metodología de enseñanza:** La forma en que se enseña matemáticas puede influir en el éxito de los estudiantes. En ocasiones, se utiliza una metodología tradicional que se enfoca en la resolución de ejercicios mecánicos y no fomenta la comprensión conceptual. La falta de enfoque en la resolución de problemas del mundo real también puede hacer que los estudiantes perciban las matemáticas como abstractas e irrelevantes.
- **Ansiedad matemática:** La ansiedad matemática es un problema común. Los estudiantes pueden experimentar ansiedad y temor hacia las matemáticas, lo que puede afectar negativamente su desempeño. Esto puede deberse a experiencias previas de fracaso en matemáticas, expectativas poco realistas o presión académica.
- **Falta de motivación:** Los estudiantes pueden tener dificultades para ver la utilidad de las matemáticas en su vida diaria o en sus futuras carreras. La falta de motivación puede hacer que no se esfuercen por comprender los conceptos matemáticos.
- **Desigualdades en la educación:** Las desigualdades en la educación pueden ser un problema importante. Los estudiantes en entornos desfavorecidos pueden tener menos acceso a recursos educativos de calidad, maestros capacitados y oportunidades de aprendizaje avanzado en matemáticas.
- **Enfoque excesivo en la memorización:** En algunos sistemas educativos, se pone demasiado énfasis en la memorización de fórmulas y procedimientos en lugar de fomentar la comprensión profunda de los conceptos matemáticos. Esto puede llevar a un aprendizaje superficial que no se traduce en habilidades matemáticas duraderas.

**Falta de adaptación al ritmo de aprendizaje individual:** Los estudiantes tienen ritmos de aprendizaje diferentes, y algunos pueden necesitar más tiempo y apoyo para comprender ciertos conceptos matemáticos. La enseñanza estandarizada a menudo no tiene en cuenta estas diferencias individuales.

## C. La tecnología y la educación

El uso de tecnología en el aula de clase puede generar un cambio tanto en la manera como el profesor enseña, así como el alumno aprende. Actualmente se vive una revolución tecnológica que propone nuevos paradigmas en el contexto de la educación [9]. La tecnología que se incorpora en los procesos educativos actuales se materializa a través del uso de plataformas virtuales para incentivar la investigación con textos digitales y recursos web, con el fin de mejorar el rendimiento en el aprendizaje y en la formación del estudiante [10].

De forma similar, las tecnologías, se convierten en herramientas potencializadas para el estudiante puesto que crean ambientes enriquecidos y altamente significativos, que pueden adaptarse a modernas estrategias de aprendizaje. Ya hay excelentes resultados en el desarrollo de las habilidades cognitivas de niños y jóvenes en las áreas del currículo [11].

#### D. Las aplicaciones web en la enseñanza

Las aplicaciones web han provocado grandes impactos en la educación, ya que los estudiantes juegan un nuevo rol respecto a la creación de conocimientos con el uso de herramientas tecnológicas. Se apunta hacia la búsqueda de un Internet más inteligente, personalizado, contextualizado y por ende más interrelacionado con la educación [12]. Uno de los recursos web de gran utilidad corresponde a Quizizz considerada como una metodología lúdica y efectiva para los estudiantes. Es un recurso digital de aprendizaje que puede ser usado con diferentes propósitos, como diagnosticar conocimientos sobre un tema o comprobar lo que se aprendió, así como debatir sobre un área en concreto. Los recursos web como técnica lúdica de aprendizaje se presentan como una alternativa para construir conocimientos a través del juego [13].

Otro recurso digital es Padlet que permite realizar un trabajo coordinado y dinámico, a su vez, motiva la realización de actividades escolares, despierta el interés por adquirir el conocimiento, facilita la información y convierte al educando en autor de su propio aprendizaje, es decir, el docente acciona como guía, promueve el trabajo colaborativo y transforma de manera creativa los procesos pedagógicos con la finalidad de lograr la excelencia [14].

De igual forma, el simulador Phet está diseñado para incentivar a los estudiantes a explorar de manera provechosa con la elección de los controles, las representaciones visuales, y la retroalimentación inmediata proporcionada por cambios visuales. Este enfoque permite que las tareas sean menos dirigidas y su propósito es que el estudiante construya conocimientos a partir del trabajo exploratorio y el aprendizaje por descubrimiento [15].

Por último, otro recurso fundamental es Khan Academy el cual está fundamentado en la práctica de ejercicios auto evaluables, que se despliegan en función de la demostración de conocimientos previos, el desarrollo de áreas de oportunidad, y el logro del dominio de los conocimientos nuevos. Los cursos inician con un examen diagnóstico que permite reconocer las habilidades matemáticas consolidadas por el alumno, después presenta ejercicios a resolver de acuerdo con una secuencia matemática lógica, de menor a mayor nivel de complejidad, para formar y fortalecer diferentes habilidades matemáticas [16].

#### E. Competencias matemáticas y la mejora de la educación

El término competencia aparece asociado a los conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes, cada competencia es una combinación dinámica. Se ponen de manifiesto en la actuación de las personas; en el desempeño de las tareas y roles que les son requeridos, según estándares previamente establecidos. Y, por tanto, pueden ser verificadas y evaluadas mediante aquellos indicadores de desempeño que facilitan evidencias del grado de dominio que de ellas posee el sujeto [17].

En el marco del proyecto PISA, la competencia matemática es la aptitud del estudiante para identificar y comprender el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo, alcanzar razonamientos bien fundados y utilizar y participar en función de las necesidades de su vida como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo [18]. En este sentido se debe tomar en cuenta que la competencia matemática es fundamental para avanzar en los diferentes niveles educativos. Poseer competencia matemática es la capacidad de entender, juzgar, hacer y usar las matemáticas en una variedad de contextos y situaciones de la cotidianidad [19].



### III. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación fue cuantitativo. Se trató de un estudio de campo, aplicado, descriptivo, longitudinal y cuasiexperimental. La aplicación de los instrumentos se efectuó a dos grupos de estudiantes con características similares; denominados grupo de control y grupo experimental, con quienes se realizaron actividades pedagógicas de tipo tradicional y no tradicional con el uso de los recursos web. La intervención se realizó durante 15 semanas, durante las cuales se llevaron a cabo mediciones evaluativas de tipo diagnóstica, formativa y sumativa, que permitieron comparar el rendimiento académico obtenido por cada grupo y así determinar el nivel de incidencia que tienen las aplicaciones interactivas web en el fortalecimiento de las competencias matemáticas.

La población con la cual se trabajó fueron 38 estudiantes de primaria de la Escuela de Educación Básica Marieta Escobar Gaviláñez, de la ciudad de Balzar, en la provincia de Guayas, Ecuador. Estos estudiantes se dividieron en dos grupos: uno de control integrado por 22 estudiantes (58%) y uno experimental integrado por 16 estudiantes (42%). Se aplicó un cuestionario de cinco preguntas, divididas en tres etapas, una primera etapa para la evaluación diagnóstica (Pretest), una segunda etapa para la evaluación formativa (Pretest) y una tercera etapa para la evaluación sumativa (Post test).

Durante cada semana se realizaron evaluaciones formativas de manera continua, con la finalidad de analizar los tópicos trabajados en clase con base a las dos metodologías de enseñanza aplicadas. Las preguntas del cuestionario estuvieron asociadas a los conceptos de matemáticas propios del nivel de estudio [20]. Con estos datos se realizó la estadística descriptiva necesaria para la comprobación de hipótesis. La evaluación de las encuestas fue valorada siguiendo la norma del currículo nacional para la Educación Básica, según el artículo 193, de la legislación ecuatoriana.

- Domina los aprendizajes requeridos (DAR: 10-9). El/la estudiante en el tiempo establecido alcanzó y domina los aprendizajes previstos.
- Alcanza los aprendizajes requeridos (AAR: 7-8). El/la estudiante en el tiempo establecido alcanzó, pero le falta dominar los aprendizajes previstos.
- Esta próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos (PARA: 5-6). El/la estudiante está en vías de alcanzar los aprendizajes.
- No alcanza los aprendizajes requeridos (NAAR:  $\leq 4$ ). El/la estudiante está comenzando a interiorizar y desarrollar los aprendizajes, además demuestra dificultades para adquirir los mismos.

Para procesar los datos se usó el programa estadístico SPSS Versión 26. Para ello, se verificaron las respuestas de los cuestionarios, luego se procedió con la codificación de cada uno de ellos para elaborar la matriz de variables y de datos. Por otra parte, la estadística de datos incluyó el análisis de frecuencias, medidas de tendencia central, la desviación estándar y la varianza. Se completó el estudio con el análisis estadístico inferencial para la comprobación de hipótesis. Para ello, se emplearon las siguientes técnicas estadísticas: prueba de normalidad de los datos de Shapiro Wilk. Luego se aplicó la prueba de Levene de homogeneidad de varianzas. A continuación, se realizó la Prueba T de Student de diferencia de medias para muestras independientes. Estas pruebas se realizaron con un nivel de significancia del  $5\% = 0,05$ , y símbolos del elemento.

#### IV. RESULTADOS

Con respecto (Tabla 1), en la que se refiere a los estudiantes del grupo experimental y control según nivel de desarrollo de las competencias Matemática, antes de la aplicación del tratamiento experimental, se puede observar que, en el grupo de experimentación, el 40% se ubica en el nivel DAR y AAR, el 20% en el nivel PARA, ningún estudiante se encuentra en el NAAR. En cuanto al grupo de control, en el nivel DAR no se encuentra ningún estudiante, el 100% el nivel AAR, y ningún estudiante se ubica en el nivel PARA y NAAR, en cuanto al desarrollo de sus competencias matemáticas.

**Tabla 1.** Estudiantes del grupo experimental y control según nivel de desarrollo de las competencias Matemática, antes de la aplicación del tratamiento experimental.

Nivel de Desarrollo de las competencias	Grupo experimental		Grupo de control	
	fi	%	fi	%
Domina	6	40		
Alcanza	6	40	15	100
Próximo	3	20		
No alcanza				
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

Según los resultados de los estadísticos descriptivos, con respecto al desarrollo de competencias Matemáticas antes de la aplicación del tratamiento experimental (véase Tabla II), se puede observar que el grupo experimental tiene una media aritmética 7,80, mientras que el grupo de control 7,67, lo que permite establecer que las diferencias entre los grupos son mínimas. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación 1,32, mientras en grupo de control 0,41 mostrando que los datos del grupo experimental son más homogéneos que los de control. Esto también se puede notar en los valores de la varianza, pues el grupo de experimentación tiene 1,74, mientras que el grupo control 0,17.

**Tabla 2.** Desarrollo de competencias Matemática, grupo experimentación y control, según estadístico descriptivos, antes de la aplicación del tratamiento experimental.

Estadísticos Descriptivos	Grupo experimental	Grupo de control
Media	7,80	7,20
Desviación estándar	1,32	0,41
Varianza	1,74	0,17

Con respecto a las pruebas de aplicación para las evaluaciones formativas sobre el desarrollo de las competencias Matemáticas efectuadas durante el tratamiento experimental, los resultados de los estadísticos descriptivos, (Tabla 3) son los siguientes:

Al evaluar la competencia de resolución de problemas mediante la elaboración de modelos matemáticos sencillos, como funciones; el grupo experimental tiene una media aritmética 7,40, mientras que el grupo de control 7,20, observando que no existe una diferencia significativa. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación obtuvo un valor de 1,45, mientras que en el grupo de control se obtuvo un valor de 1,35, existiendo una mínima diferencia entre los grupos. Igualmente, en la medida de la varianza, hay una diferencia, ya que el grupo de experimentación tiene 2,11, mientras que el grupo de control alcanzó un valor de 1,81.

Al evaluar la competencia de representación de funciones de forma gráfica, con barras, bastones y diagramas circulares, y analizar sus características; el grupo experimental tiene una media aritmética de 8,73, mientras que el grupo de control obtuvo un valor de 7,07, esto permite observar que existe una diferencia de medias entre los grupos. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación obtuvo un valor de 0,88, mientras que en el grupo de control se obtuvo un valor de 0,70 mostrando que la diferencia en las desviaciones entre los grupos es mínima, observando que estos valores son más homogéneos. Igualmente, en la varianza, hay una diferencia mínima entre los grupos, el de experimentación tiene 0,78, mientras que en el de control se logra 0,50.

Al medir la competencia de reconocimiento de funciones crecientes y decrecientes a partir de su representación gráfica o tabla de valores; el grupo experimental tiene una media aritmética de 8,60, mientras que el grupo de control tiene 8,33, observando que existe una mínima diferencia entre los grupos. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación logra un valor de 1,45, mientras que en el grupo de control se observa un valor de 1,40, existiendo una mínima diferencia entre los grupos. En cambio, en la medida de la varianza, hay una diferencia entre los grupos, el de experimentación tiene 2,11, mientras que en el de control tiene 1,95.

En cuarto lugar, la competencia define y reconoce una función lineal de manera algebraica y gráfica (con o sin el empleo de la tecnología), e identifica su monotonía a partir de la gráfica o su pendiente; el grupo experimental tiene una media aritmética 8,67, mientras que el grupo de control 7,47, permite afirmar que existe una diferencia entre los grupos. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación 0,82, mientras en grupo de control 1,60 existiendo una diferencia entre los grupos. Asimismo, en la medida de la varianza, hay una diferencia entre los grupos, el de experimentación tiene 0,67, mientras que en el de control 2,55.

Al evaluar la competencia de definición y reconocimiento de funciones con potencia con  $n=1, 2, 3$ , las representa de manera gráfica e identifica su monotonía; el grupo experimental tiene una media aritmética de 8,00, mientras que el grupo de control tiene 7,40, las cuales muestran que existe una diferencia entre los grupos. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación alcanzó 0,93, mientras en grupo de control logró 1,50, existiendo una diferencia entre los grupos. Asimismo, en la medida de la varianza, hay una diferencia entre los grupos, el de experimentación tiene 0,86, mientras que en el de control 2,26.

Para medir la competencia de demostración del teorema de Pitágoras utilizando áreas de regiones rectangulares; el grupo experimental tiene una media aritmética 8,20, mientras que el grupo de control 7,47, lo que demuestra que existe una diferencia entre los grupos. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación 0,68, mientras en grupo de control 0,99 existiendo una mínima diferencia entre los grupos. Asimismo, en la medida de la varianza, hay una mínima diferencia entre los grupos, el de experimentación tiene 0,46, mientras que en el de control 0,98.

Para comprobar los resultados descriptivos sobre las diferencias de medias que existen en cada unidad analizada individualmente, se utilizó la prueba de Mann Whitney en el proceso de evaluación formativa (Tabla 3) que los resultados donde se observa que los p valor son menores al 0,05 de nivel de significancia son en los test2, test4 y test6, los cuales se refieren a las competencias, representa funciones de forma gráfica, con barras, bastones y diagramas circulares, y analizar sus características, define y reconoce una función lineal de manera algebraica y gráfica (con o sin el empleo de la tecnología), e identifica su monotonía a partir de la gráfica o su pendiente y demuestra el teorema de Pitágoras utilizando áreas de regiones rectangulares. Por lo que se demuestra que estadísticamente en estas unidades si hubo un impacto de la estrategia didáctica aplicada al grupo experimental.

**Tabla 3.** Prueba de Mann-Whitney para la evaluación formativa.

Prueba	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5	Test6
U de Mann-Whitney	98,5	16	99,5	59,5	74	65
W de Wilcoxon	218,5	136	219,5	179,5	194	185
Z	-	-	-	-	-	-
	0,605	4,187	0,569	2,275	1,639	2,103
Sig. asintótica(bilateral)	0,545	0	0,57	0,023	0,101	0,035
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,567	0,000	0,595	0,026	0,116	0,050
	b	b	b	b	b	b
a Variable de agrupación: CODIGO						
b No corregido para empates.						

Con respecto a los resultados del rendimiento académico de los estudiantes del grupo experimental y de control según nivel de desarrollo de las competencias Matemática (Tabla 4), después de la aplicación del tratamiento experimental al grupo de experimentación, el 40% se ubica en el nivel DAR y AAR, el 20% en el nivel PARA. En cuanto al grupo de control, el 26,7% en el nivel DAR, el 60% el nivel AAR, 13,3% nivel PARA y ningún estudiante se ubica en el nivel NAAR, en cuanto al desarrollo de sus competencias matemáticas.

**Tabla 4.** Estudiantes del grupo experimental y control según nivel de desarrollo de las competencias matemáticas, después de la aplicación del tratamiento experimental.

Nivel de Desarrollo de las competencias	Grupo experimental		Grupo de control	
	fi	%	fi	%
Domina	6	40	4	26,7
Alcanza	6	40	9	60
Próximo	3	20	3	13,3
No Alcanza				
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

Según los resultados de los estadísticos descriptivos, (Tabla 5) el grupo experimental tiene una media aritmética 7,93, mientras que el grupo de control 7,93, las cuales son relativamente iguales entre los grupos. En cuanto a la desviación estándar, el grupo de experimentación tiene un valor de 1,39, mientras en grupo de control tiene 1,22, existiendo una mínima diferencia entre los grupos. Igualmente, en la medida de la varianza, hay una mínima diferencia, ya que el grupo de experimentación tiene 1,92, mientras que el grupo control tiene 1,50.

**Tabla 5.** Desarrollo de competencias matemáticas según estadísticos descriptivos, después de la aplicación del tratamiento experimental.

Estadísticos Descriptivos	Grupo experimental	Grupo de control
Media	7,93	7,93
Desviación estándar	1,39	1,22
Varianza	1,92	1,50

Para la prueba de hipótesis, en el diseño se implementó una prueba diagnóstica (pretest) cuyos resultados se analizaron utilizando la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Prueba de Mann-Whitney para PRETEST.

Prueba	Pretest
U de Mann-Whitney	111,500
W de Wilcoxon	204
Z	-0,43
Sig. asintótica(bilateral)	0,966
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,967b
a. Variable de agrupación: CODIGO	
b. No corregido para empates.	

Como se observa, el p valor de la prueba de Mann-Whitney es de 0,19 por lo que se puede afirmar que con una probabilidad de error del 19%, que el rendimiento académico obtenidos por los alumnos que conforman el grupo experimental y el de control, es distinto. Como este grado de error es superior al 5% establecido, se acepta la hipótesis nula, que afirma que no existen diferencias en el rendimiento académico entre el grupo experimental y de control. En este sentido, se demuestra que los grupos parten al inicio del experimento en igualdad de condiciones para aplicar en el grupo experimental el uso de los recursos web 3.0 como estrategia didáctica y la clase tradicional en el grupo de control.

Luego de la aplicación del factor de estudio, en seis unidades se tomó un examen final (postest), cuyos resultados fueron los siguientes:

**Tabla 7.** Prueba de Mann-Whitney para POSTEST.

Prueba	Pretest
U de Mann-Whitney	111,500
W de Wilcoxon	204
Z	-0,43
Sig. asintótica(bilateral)	0,966
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,967b
a. Variable de agrupación: CODIGO	
b. No corregido para empates.	

Una vez realizado el postest, se observa que el p valor de la prueba de Mann-Whitney es de 0,966 lo que permite observar que con una probabilidad del 96,6%, se puede afirmar que el rendimiento académico obtenido por los alumnos que conforman el grupo experimental y el de control. Como este grado de error es superior al 5% establecido, se acepta la hipótesis nula, que afirma que no existen diferencias en el rendimiento académico entre el grupo experimental y de control. En este sentido, se demuestra que los grupos al final de la intervención siguen en igualdad de condiciones. Por lo que el rendimiento académico no es diferente dentro de los grupos experimental y de control.

## CONCLUSIONES

La investigación desarrollada permite concluir que las aplicaciones interactivas no fueron eficaces como estrategia didáctica en el desarrollo de las competencias matemáticas en los estudiantes de primaria de la Escuela de Educación Básica Fiscal "Marieta Escobar Gaviláñez", ubicado en Colimes-Balzar-Guayas. Esto se debe a que luego de aplicar una intervención con recursos digitales como Quizizz, Padlet, Phet y Khan Academy en el grupo de estudiantes experimental, no se encontró diferencia significativa en el desarrollo de las competencias matemáticas. Esto se evidenció en el hecho de que las pruebas aplicadas no mostraron diferencias e impacto de mejora en el dominio de los aprendizajes requeridos en la asignatura.

Las restricciones en este estudio se derivan de la escasez de recursos tecnológicos disponibles en la institución educativa donde se llevó a cabo la investigación. Esta escasez está directamente relacionada con la brecha digital y económica que prevalece en las zonas rurales de Ecuador, donde se encuentra ubicada la unidad educativa. Como resultado, los estudiantes de esta institución se enfrentan a desventajas en comparación con aquellos que asisten a centros educativos en áreas urbanas.

El análisis descriptivo y las pruebas de Mann Whitney usados para interpretar los resultados entre las diferentes pruebas realizadas para evaluar las unidades, muestran que se obtuvieron impactos parciales con respecto a mejoras en varias competencias, por lo que se recomienda continuar con estudios que aseguren que los estudiantes del grupo experimental cuenten con los recursos necesarios para realizar las actividades académicas sin este tipo de limitaciones.

## REFERENCIAS

- [1] A. Minte, «Deficiente rendimiento en matemática: análisis desde la perspectiva de los alumnos de Educación Básica,» Fedumar Pedagogía y Educación, nº 40, p. 27-35., 2019.
- [2] C. Fernández, Principales dificultades en el aprendizaje de las Matemáticas. Pautas para maestros de Educación Primaria, La Rioja: Universidad Internacional de la Rioja, 2019.
- [3] M. Grisales, «Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas,» Entramado, vol. 14, nº 2, pp. 198-214, 2018.
- [4] M. Coloma, M. Labanda, G. Michay y W. Espinoza, «Las Tics como herramienta metodológica en matemática,» Espacios, vol. 41, nº 11, pp. 1-9, 2020.
- [5] C. Alvites, «Herramientas TIC en el aprendizaje en el área de matemática: Caso Escuela PopUp, Piura-Perú,» HAMUTAY, vol. 4, nº 1, pp. 18-30, 2017.
- [6] A. Delgado, J. Santillán, A. Japón y B. Mora, «Percepciones de los Aspirantes sobre el Proceso de Admisión a la Universidad Pública Ecuatoriana,» INNOVA Research Journal, vol. 3, nº 10, pp. 77-90, 2018.
- [7] G. Vargas, «Estrategias educativas y tecnología digital en el proceso de enseñanza aprendizaje,» Revista del Hospital Clínico Universidad de Chile, vol. 61, nº 1, pp. 114-129, 2020.
- [8] O. Barrios y S. De la Torre, Estrategias didácticas innovadoras. Recursos para la formación y el cambio, Madrid: Octaedro, 2018.
- [9] N. Suárez y J. Najar, «Evolución de las tecnologías de información y comunicación en el proceso de enseñanza aprendizaje,» Vínculos, vol. 11, nº 1, pp. 209-220, 2014.
- [10] L. Escorcía y C. Jaimes de Triviño, «Tendencias de uso de las TIC en el contexto escolar a partir de las experiencias de los docentes,» Educación y Educadores, vol. 18, nº 1, pp. 137-152, 2015.
- [11] G. Navarrate y R. Garcia, «Las TIC y la educación ecuatoriana en tiempos de Internet: breve análisis,» Espirales, vol. 2, nº 15, pp. 123-136, 2018.
- [12] D. Salcedo, E. Villamar y E. Del Rosario, «La importancia de la web 3.0 y 2.0 en el desarrollo de la pedagogía educativa en tiempos de pandemia,» Reciamuc, vol. 4, nº 4, p. 13-23, 2020.

- [13] J. Rojas, A. Álvarez y D. Bracero, «Uso de Kahoot como elemento motivador en el proceso enseñanza-aprendizaje,» Cátedra, vol. 4, nº 1, p. 98–114., 2021.
- [14] D. Giler, G. Zambrano, A. Velásquez y M. Vera, «Padlet como herramienta interactiva para estimular las estructuras mentales en el fortalecimiento del aprendizaje,» Dominio de Las Ciencias, vol. 6, nº 3, 2020.
- [15] J. Díaz, «Aprendizaje de las Matemáticas con el uso de simulación,» Sophia, vol. 14, nº 1, pp. 22-30, 2018.
- [16] M. Peñas, C. Guevara, J. Erazo y D. García, «Gamificación en Centros de Desarrollo Infantil,» Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, vol. 5, nº 1, pp. 570-588, 2020.
- [17] M. Murga, «Las capacidades, actitudes y valores meta,» Foro de Educación, nº 13, p. 55–83, 2015.
- [18] R. Escolano, J. Gairín, C. Jiménez, J. Muriilo y L. Roncal, «Perfil emocional y competencias matemáticas de los estudiantes del grado de educación primaria,» Contextos Educativos, nº 15, pp. 107-134, 2012.
- [19] D. Zavala, K. Muñoz, J. Cobos y G. Muñoz, «TIC y el fortalecimiento de competencias matemáticas en estudiantes de pedagogía de la enseñanza matemática,» Horizontes, vol. 5, nº 21, pp. 1363 - 1374, 2021.
- [20] Ministerio de Educación, «Matemática para Décimo Grado. Texto del estudiante,» 2016.  
[En línea]. Available:  
<https://www.educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Matematica10v2.pdf>.  
[Último acceso: 21 junio 2023].

## LOS AUTORES



**Michelle Gilly Gorozabel Chata**, Analista de sistemas, es profesora en cursos preuniversitarios de la Universidad Técnica de Manabí. Ha sido docente en los niveles básica superior y bachillerato en la Unidad Educativa 26 de septiembre del cantón Balzar – Guayas y en la Escuela de educación básica “Marieta Escobar Gaviláñez” del cantón Colimes - Guayas.



**Mirian Elena Alcivar Cruzatty**, Magister en gerencia de proyectos educativos y sociales, profesora del departamento de matemáticas y estadísticas de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.



**Tito Alberto Gorozabel Chata**, Magister en docencia en matemáticas a nivel universitario, profesor del departamento de matemáticas y estadísticas de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.143>

# Afrontamiento durante la pandemia de COVID-19 en el personal de limpieza de un hospital público

Guamanquispe Erika  
<https://orcid.org/0000-0002-3332-0145>  
eguamanquispe1300@uta.edu.ec  
vanessa.1998\_@hotmail.com  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato - Ecuador

Moyano Willian  
<https://orcid.org/0000-0001-6757-9326>  
we.moyano@uta.edu.ec  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato - Ecuador

Recibido (03/08/2023), Aceptado (14/10/2023)

**Resumen:** La pandemia por el COVID-19, además de generar afecciones físicas y secuelas en la población, provocó trastornos psicosociales, para los cuales las personas desarrollaron niveles de afrontamiento frente al estrés, ocasionando dificultades en la capacidad cognitiva y conductual de los afectados, siendo una de las poblaciones más afectadas el personal de limpieza que trabajaba en las instituciones de salud. La finalidad del estudio fue conocer el afrontamiento frente al estrés en el personal de limpieza y aseo del Hospital General Docente Ambato durante la pandemia por SARS-CoV-2. Se trata de un estudio observacional, descriptivo de cohorte transversal, con muestreo probabilístico aleatorio, se empleó la Escala de Estrés Percibido-10 adaptada a COVID-19 (EPP-10-C). Los principales resultados muestran que, en su mayoría, el personal de limpieza presentó un moderado nivel de afrontamiento ante el estrés durante la pandemia COVID-19, sin embargo, muchos también registraron un nivel leve de afrontamiento. Finalmente, se observó que el personal de limpieza ha desarrollado diferentes niveles de afrontamiento, que permitieron reducir el impacto en la salud mental.

**Palabras clave:** Afrontamiento, COVID-19, estrés.

Coping during the COVID-19 pandemic in the cleaning staff of a public hospital

**Abstract.-** The COVID-19 pandemic, in addition to generating physical conditions and consequences in the population, caused psychosocial disorders, for which people developed levels of coping with stress, causing difficulties in the cognitive and behavioral capacity of those affected, being a of the most affected populations the cleaning staff who worked in health institutions. The purpose of the study was to determine how the cleaning and cleaning staff of the Ambato General Teaching Hospital coped with stress during the SARS-CoV-2 pandemic. This is an observational, descriptive, cross-sectional cohort study with random probabilistic sampling. The Perceived Stress Scale-10 adapted to COVID-19 (EPP-10-C) was used. The main results show that, for the most part, the cleaning staff presented a moderate level of coping with stress during the COVID-19 pandemic. However, many also registered a mild level of coping. Finally, it was observed that the cleaning staff had developed different levels of coping, which allowed for reducing the impact on mental health.

**Keywords:** Adaptation, COVID-19, stress.





## I. INTRODUCCIÓN

La pandemia originada por la infección del virus SARS-CoV-2 (COVID-19), ha causado en la sociedad actual múltiples cambios a nivel de los ámbitos económicos, políticos, sociales, culturales y ambientales; estos cambios han causado un desequilibrio en la salud mental y bienestar psicosocial de la comunidad. Al mes actual la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta 164 535 057 infecciones y 2 767 057 defunciones, ha sido reportada en 118 países, y se ha evidenciado una reducción de los casos de hospitalización y uso de camas a nivel de terapia intensiva debido a la vacunación [1], [2].

El 29 de febrero de 2020, se registró el primer caso de infección por COVID-19 en el Ecuador, al momento se han reportado 918 479 casos y 35 749 defunciones acorde al Instituto Nacional de Investigación Pública (INSPI). El 13 de marzo de 2020, en la nación ecuatoriana se declaró estado de emergencia y la Organización Mundial de Salud declaró el surgimiento de una nueva pandemia, lo que obligó que toda la población permanezca en cuarentena; al ser una enfermedad desconocida, el confinamiento, el estrés social y el colapso del sistema sanitario, contribuyó a que las personas contagiadas o no, desarrollen problemas en su salud mental [3]-[5].

De acuerdo con Cabezas C. [6] no se reflejan los datos relacionados apropiadamente, debido a que, en muchos países en vías de desarrollo, no se reportan las atenciones realizadas por instituciones privadas. De igual forma, no existe un registro estadístico específico sobre las secuelas y trastornos físicos o mentales que puede desencadenar la infección por el virus COVID-19 dentro del ámbito social y sanitario.

Todas estas situaciones han originado un impacto negativo en la salud psicosocial de las personas, afectando su vida cotidiana y laboral por la presencia de emociones o situaciones de miedo, ansiedad, depresión y estrés. Hernández-Montaña y colaboradores [7]-[9] detallaron que los efectos de estrés generados por el confinamiento y el miedo a poder contagiarse de una enfermedad desconocida desarrollaron en la comunidad un nivel elevado de agitación mental y tensión corporal, generando angustia, ansiedad y trastornos de somatización adicionales al deterioro de la salud mental.

En este trabajo se presenta un estudio sobre la forma de afrontamiento de las personas del sector de limpieza en hospitales públicos, durante el período de pandemia, para ello se evalúa la respuesta de algunas personas involucradas en la limpieza en tiempos de pandemia. Y se considera el test de afrontamiento del estrés, con el fin de conocer las diferentes formas en que este personal logró llevar la situación de estrés en el período de confinamiento donde ellos debían continuar sus labores en los centros hospitalarios.

## II. DESARROLLO

La cuarentena por el COVID-19, ocasionó problemas sociales en la actualidad, siendo los principales problemas los financieros, psicológicos y emocionales. Diversos estudios reportan que entre el 35% al 55% de la población presentan un trastorno de ánimo asociado al autoaislamiento durante el periodo de la infección por SARS-COV-2, por lo que han tenido que afrontar este escenario mediante procesos complejos, multivariados y dimensionales, lo que ha provocado diferentes problemas en la persona, además de los asociados a su situación económica y familiar, ya que la falta de trabajo producto de la reducción de empleados en diferentes empresas, trajo como consecuencia, un sin número de problemas en la sociedad. En este sentido, el personal de limpieza [7], [10].

Estudios actuales han verificado que la forma de afrontar esta situación por la población durante la etapa de confinamiento por COVID-19, han otorgado estrategias de adaptación que proporcionan resultados a nivel de la salud mental de una forma positiva, reduciendo la ansiedad y depresión; estas estrategias en su mayoría fueron empleadas por el personal de alto riesgo de exposición como personal sanitario, de fuerza civil y protección; sin embargo existe escasa información relacionada a personal de limpieza y aseo hospitalario [11], [12]. El ser humano resiliente logra no solo superar con mayor facilidad las dificultades, sino que además logra desarrollar herramientas de afrontamiento que le ayudan a ser una persona con mayores habilidades para el alcance de los objetivos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el personal de limpieza y aseo es una población de riesgo de contagio infeccioso, por lo que pueden desencadenar trastornos de emocional, frente a situaciones críticas de exposición sanitaria, por ello es importante conocer la forma de afrontar estas situaciones generadoras de estrés, con base a lo expuesto se propuso en este estudio conocer el afrontamiento frente al estrés en el personal de limpieza y aseo del Hospital General Docente Ambato de Ecuador durante la pandemia por SARS-CoV-2. Esto, con la idea de promover herramientas para el afrontamiento en situaciones futuras, y así motivar a las personas a ser más resilientes, más optimistas y con mayor destreza para la superación personal en situaciones difíciles.

El afrontamiento se define como las acciones que toma una persona ante una situación en particular y se caracteriza por tener mayor equilibrio ante situaciones de estrés, además desarrollan la habilidad de generar soluciones sencillas ante momentos difíciles, creando alternativas para resolver o atenuar la dificultad. Diversas fuentes afirman que la forma en que una persona afronta un determinado problema, puede ser también la manera de mantener una mejor salud física y mental, por ende, el concepto de resiliencia es muy empleado en los tiempos actuales, donde las dificultades sociales y económicas principales juegan un papel tan preponderante en la vida moderna. Tener una actitud favorable ante situaciones de riesgo puede ser sinónimo de una mejor protección ante el problema, ya que ayuda a la creación de soluciones que favorecen la dificultad, creando además una actitud positiva para generar proyectos, ideas, innovación en situaciones que otros consideran complejas. Además, una actitud resiliente ayuda a una mejor salud mental, mejor salud social y desarrollo de nuevas formas de vida, que pueden ayudar en la mejora familiar.

En este sentido, las principales acciones a considerar para que exista una actitud de afrontamiento positivo son:

1. Tener tranquilidad ante el problema, pensar con serenidad.
2. Trabajar en equipo con las personas cercanas, intentar apoyarse unos con otros.
3. Tener información suficiente del problema, para conocer las opciones de solución.

Por otro lado, las actitudes resilientes permiten el crecimiento personal, una nueva forma de concebir las situaciones y por ende de generar resultados, lo cual puede verse reflejado en personas optimistas y exitosas.

### III. METODOLOGÍA

Se desarrolló un estudio cuantitativo, observacional, descriptivo de corte transversal. La población estuvo conformada por 78 individuos que se desempeñan como personal de limpieza y aseo en el Hospital General Docente Ambato; como criterios de inclusión se consideró a los trabajadores que decidieron participar en el estudio de forma voluntaria, explicándoles los objetivos del mismo y que hayan firmado el consentimiento informado, además fueron excluidos los trabajadores que no laboraron, renunciaron o sacaron licencia de ausentismo durante la pandemia por COVID – 19, también aquellos que fueron contratados en los últimos seis meses y que hayan presentado previamente antecedentes de enfermedad psiquiátrica o psicológica, por otro lado, se eliminaron los cuestionarios donde faltaron variables por responder, obteniendo 68 personas como muestra para el estudio, a quienes se les aplicó el instrumento de medida de forma censal.

Para la recolección de datos se utilizó la Escala de Estrés Percibido-10 adaptada a COVID-19 (EPP-10-C), actualmente es la escala más utilizada para valorar la respuesta psicológica frente a diversos estresores y se validó para medir el bienestar emocional de la población durante la pandemia. El instrumento consta de dos secciones, la primera de variables sociodemográficas y la segunda de la EPP-10-C, que se compone de 10 ítems, cada uno ofrece 5 opciones de respuesta: nunca, casi nunca, de vez en cuando, casi siempre y siempre. Los ítems 1, 2, 3, 6, 9 y 10 se califican de manera directa de 0 a 4 y los ítems 4, 5, 7 y 8, a la inversa, de 4 a 0, a mayor puntuación mayor nivel de estrés percibido. Se propone usar el punto de corte mayor o igual a 25 para alto o severo estrés, 18 a 24 para moderado estrés y menor o igual a 17 para estrés leve percibido relacionado con COVID-19 [13].

El cuestionario se aplicó de forma personal, por tanto, los datos se analizaron de forma descriptiva. La información que los encuestados aportaron fue anónima y utilizada de manera confidencial según la Declaración de Helsinki, se respetaron sus principios de beneficencia, autonomía y justicia. Se solicitó la firma de consentimiento informado para la participación en la investigación, se respetaron las respuestas y opiniones de las personas, no se indujo ni sugirieron respuestas.

### IV. RESULTADOS

Una vez realizada la recolección de datos, se pudo constatar que un alto porcentaje de las personas encuestadas es de sexo femenino y que en su mayoría pertenecen a grupos familiares nucleares. También se pudo constatar que la gran mayoría del personal de limpieza no terminó sus estudios secundarios. Con estas características es posible suponer que el personal de limpieza del hospital no tuvo muchos conocimientos sobre el tema de COVID-19 durante la pandemia, y que las principales fuentes de información pudieron haber sido los medios de comunicación, lo cual podía generar más desconcierto y angustia ante la situación presentada. Durante la evaluación se consideró la exploración sobre los antecedentes de salud de las personas, con el fin de saber si existían problemas previos de enfermedad crónica, si habían experimentado la enfermedad de COVID-19, tanto en ellos mismos como en familiares, tanto como enfermedad pasajera como en fallecidos. Los resultados revelaron que a pesar de que un alto porcentaje, 63%, no presenta enfermedades crónicas ni familiares con enfermedades crónicas, si fueron contagiados con COVID-19 un número de personas elevado (39), y además sus familiares en gran medida también tuvieron que afrontar dicha enfermedad (49). Por otro lado, el número de fallecidos por COVID-19 fue también importante en relación a la muestra, con un 50,77% de personas con familiares fallecidos.

Estas cifras permiten suponer que la preocupación del personal de limpieza ante la situación de salud era sumamente alarmante, más aún, en la posición que les tocaba asumir cada día, acudiendo al hospital con altos riesgos de contagio. Esta particularidad que tuvieron que enfrentar las personas de limpieza, pudo haber significado una situación de estrés elevado, preocupación constante, ansiedad, depresión, y en consecuencia mayor dificultad para afrontar el estrés. En este sentido, la información recogida mostró que las personas que conformaron el estudio, a pesar de no ser demasiado jóvenes, sino que eran de 18 a 59 años, no tenían complicaciones de salud en su mayoría, y los vínculos familiares también eran de personas sanas, esto podía ser una razón de peso para no sentir preocupaciones excesivas en la manera de afrontar la situación de pandemia.

También se consideró la exploración de antecedentes relacionados con el virus, revelando que un importante número de personas presentó y superó la enfermedad, mientras que otra cantidad importante tuvo familiares que no lograron superar la enfermedad y fallecieron, lo que puede significar una razón suficiente para afrontar el estrés con mayor dificultad. Las personas por naturaleza crean vínculos afectivos y cuando estos vínculos se ven afectados por enfermedad, guerra o situaciones complejas, la naturaleza humana impulsa a la depresión y el estrés. En consideración a esto, se realizó la prueba de valoración del estrés, logrando obtener un nivel moderado a alto de afrontamiento positivo ante el estrés en las personas evaluadas, con un 84,61% de individuos que lograron mantener una actitud equilibrada ante el problema. En este sentido, se pudo observar que las mujeres tienen una mayor capacidad de resiliencia y afrontamiento al estrés, así mismo aquellas que forman familias de estructura nuclear. Esto puede ser positivo, ya que esa actitud de afrontamiento puede ser transmitida a todo el núcleo de la familia, logrando grupos de personas con buen afrontamiento al estrés. Además, se pudo observar que las personas que no tenían vínculos con enfermedades crónicas podían estar más tranquilos, con mayor tolerancia al estrés.

Los resultados revelan que las personas no tenían mucha orientación sobre los problemas que estaban sucediendo durante la pandemia, y que las principales fuentes de información eran los medios de comunicación y en el peor de los casos las redes sociales, pero no existió un mecanismo de formación por parte de los empleadores. Esta característica pudo ser parte del causante del nivel de estrés en las personas, ya que no era posible definir con claridad los riesgos y las formas oportunas de evitarlo. Por otro lado, las personas que tuvieron una mejor respuesta al estrés causado por la pandemia, tanto por el confinamiento y el desempleo, como por la exposición prolongada en el lugar de trabajo, fueron personas que por su propia naturaleza tienen actitudes resilientes y positivas, que pueden contribuir a su auto superación y a sostener el equilibrio ante los problemas. Estas personas, se caracterizan por ser mujeres que sostienen vínculos familiares con hijos y mayor estabilidad emocional, que además son personas en general sanas, con vidas tranquilas en su mayoría.

La situación de pandemia en el mundo entero fue un problema inesperado para todos los sectores sociales, debido a su carácter improvisado, no fue posible crear mecanismos apropiados para la superación de estrés, de ansiedad y depresión en las familias que tuvieron que estar en confinamiento. De esta misma manera, aquellas personas que pese al riesgo tuvieron que asistir a los entornos laborales, no tuvieron las herramientas necesarias para el control de estrés y depresión. Lo que motiva a sugerir que es importante crear políticas de afrontamiento del estrés que capaciten y creen espacios de discusión y promoción de la salud mental ante el estrés.

## CONCLUSIONES

La pandemia de COVID-19, ha persistido por más de 2 años, ocasionando problemas multisistémicos y psicológicos, se han reconocido múltiples secuelas dentro del sistema nervioso y cognitivo. Para que la población pueda enfrentar una crisis de estrés relacionado con la economía, trabajo, confinamiento, distanciamiento social y vacunación, ha desarrollado diferentes niveles de afrontamiento, para así reducir el impacto de la afectación en la salud mental. Por otro lado, los determinantes sociales de la salud mental han originado diversos trastornos psicopatológicos, predominando la ansiedad y depresión, por lo que el presente estudio permite poner en consideración el desarrollo de políticas de salud mental para responder de forma eficaz ante las enfermedades mentales.

Es necesario que se creen políticas de atención a la salud mental, que permitan brindar apoyo ante situaciones inevitables de la vida como el COVID-19, y que ofrezcan en la población. Ya que, el desconocimiento de las situaciones de riesgo, no solo ante el COVID-19, sino ante cualquier otra situación es fundamental para generar más ansiedad y estrés ante las personas afectadas, por lo que resulta importante que la población esté informada de los riesgos y de las formas adecuadas para protegerse. Ante los riesgos que pueden ocurrir en los centros de salud, es importante que el personal de limpieza tenga claridad de las diversas problemáticas que pueden suscitarse para poder resguardar su integridad y al mismo tiempo ser prudentes en su desenvolvimiento en el espacio clínico.

El estrés ha sido un problema en los últimos años, no solamente ante el riesgo de contagio sino también ante las pérdidas de empleo que afectan la salud mental y emocional de las personas, por ende, resulta importante que se tomen las acciones necesarias para evitar las consecuencias del estrés que pueden ir desde problemas cutáneos hasta problemas mentales, y que pueden afectar grandemente las situaciones laborales de las personas y las situaciones afectivas y familiares. Esta problemática se acrecienta cada vez más con el crecimiento del desempleo, la falta de innovación en salud y en la falta de preparación de las personas para emprender retos y formas de generar recursos para su subsistencia.

### Conflictos de interés

La autora declara no tener conflicto de interés.

### Fuente de financiamiento

Todos los gastos realizados en el presente estudio fueron por parte de la autora.

### Agradecimiento

Al Lic. William Moyano por su asesoramiento en la elaboración, ejecución y culminación del presente artículo de investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Brote de enfermedad por el Coronavirus (COVID-19)». <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus/brote-enfermedad-por-coronavirus-covid-19> (accedido 9 de julio de 2022).
- [2] «COVID Behaviors Dashboard», Johns Hopkins Center for Communication Programs. <https://ccp.jhu.edu/kap-covid/> (accedido 11 de julio de 2022).
- [3] «Actualización de casos de coronavirus en Ecuador – Ministerio de Salud Pública». <https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-casos-de-coronavirus-en-ecuador/> (accedido 11 de julio de 2022).
- [4] «Coronavirus COVID-19 – Ministerio de Salud Pública». <https://www.salud.gob.ec/coronavirus-covid19-ecuador/> (accedido 11 de julio de 2022).
- [5] A. Martínez-Taboas, «Pandemias, COVID-19 y Salud Mental: ¿Qué Sabemos Actualmente?», *Rev. Caribeña Psicol.*, pp. 143-152, jul. 2020, doi: 10.37226/rcp.v4i2.4907.
- [6] C. Cabezas, «Pandemia de la COVID-19: tormentas y retos», *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública*, vol. 37, pp. 603-604, feb. 2021, doi: 10.17843/rpmesp.2020.374.6866.
- [7] A. H. Montaña, J. G. Tovar, R. I. G. Sánchez, K. V. García, y B. de los Á. P. Pedraza, «Ansiedad, desesperanza y afrontamiento ante el COVID-19 en usuarios de atención psicológica», *Actual. En Psicol.*, vol. 36, n.o 132, Art. n.o 132, mar. 2022, doi:10.15517/ap.v36i132.46945.
- [8] C. A. Virto Concha, «Estrés ansiedad y depresión con estilos de afrontamiento en enfermeras en contacto con COVID-19 Cusco Perú», 2020.
- [9] R. A. Vargas Ortega y D. A. Vargas Verástegui, «Estrés y nivel de afrontamiento de las internas(os) de enfermería ante la pandemia por Covid -19.», *Univ. Nac. Trujillo*, ago.2021, Accedido: 7 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en:<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17683>
- [10] J. Mella-Morambuena, Y. López-Angulo, Y. Sáez-Delgado, y M. D. Valle, «Estrategias de afrontamiento en apoderados durante el confinamiento por la COVID-19», *CienciAmérica*, vol. 9, n.o 2, Art. n.o 2, jul. 2020, doi: 10.33210/ca.v9i2.324.
- [11] S. J. Chilón Díaz, «Niveles de estrés y estrategias de afrontamiento en el personal del servicio de gineco - obstetricia del Hospital Regional Docente de Cajamarca durante la pandemia covid-19, mayo – diciembre 2020», *Univ. Nac. Cajamarca*, 2021, Accedido: 7 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4209>
- [12] N. G. Ocaña-Aguilar, M. C. Romero-Casanova, V. A. Ocaña-Aguilar, y V. R. Ocaña-Gutierrez, «Ansiedad, estrategias y recursos para el afrontamiento de trabajadores de salud en primera línea COVID-19 del primer nivel de atención, Cajamarca, 2021», *Rev. Médica Vallejiana*, vol. 10, n.o 2, Art. n.o 2, jun. 2021, doi: 10.18050/revistamedicavallejiana.v10i2.03.
- [13] A. Campo-Arias, M. J. Pedrozo-Cortés, y J. C. Pedrozo-Pupo, «Escala de estrés percibido relacionado con la pandemia de COVID-19: una exploración del desempeño psicométrico en línea», *Rev. Colomb. Psiquiatr.*, vol. 49, n.o 4, pp. 229-230, 2020, doi:10.1016/j.rcp.2020.05.005.
- [14] N. J. Valero Cedeño, M. F. Vélez Cuenca, Á. A. Duran Mojica, y M. Torres Portillo, «Afrontamiento del COVID-19: estrés, miedo, ansiedad y depresión», *Enferm. Investiga*, vol. 5, n.o 3, p. 63, jul. 2020, doi: 10.31243/ei.uta.v5i3.913.2020.
- [15] N. Salari et al., «Prevalence of stress, anxiety, depression among the general population during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis», *Glob. Health*, vol. 16, n.o 1, p. 57, jul. 2020, doi: 10.1186/s12992-020-00589-w.
- [16] C. Wang et al., «Immediate Psychological Responses and Associated Factors during the Initial Stage of the 2019 Coronavirus Disease (COVID-19) Epidemic among the General Population in China», *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 17, n.o 5, p. 1729, mar. 2020, doi: 10.3390/ijerph17051729.

- [17]N. M. Kamal y N. Othman, «Depression, Anxiety, and Stress in the time of COVID-19 Pandemic in Kurdistan Region, Iraq», *Kurd. J. Appl. Res.*, pp. 37-44, may 2020, doi:10.24017/covid.5.
- [18]Huang J. Z., Han M. F., Luo T. D., Ren A. K., y Zhou X. P., «[Mental health survey of medical staff in a tertiary infectious disease hospital for COVID-19].», *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, pp. 192-195, 2020.
- [19]K. A. Alene, K. Wangdi, y A. C. A. Clements, «Impact of the COVID-19 Pandemic on Tuberculosis Control: An Overview», *Trop. Med. Infect. Dis.*, vol. 5, n.o 3, Art. n.o 3, sep. 2020, doi: 10.3390/tropicalmed5030123.
- [20]Y. Zhang y Z. F. Ma, «Impact of the COVID-19 Pandemic on Mental Health and Quality of Life among Local Residents in Liaoning Province, China: A Cross-Sectional Study», *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 17, n.o 7, p. 2381, abr. 2020, doi:10.3390/ijerph17072381.

## LOS AUTORES



**Erika Vanessa Guamanquispe Aldás**, es estudiante de la carrera de enfermería de la Universidad Técnica de Ambato, con correo institucional [eguamanquispe1300@uta.edu.ec](mailto:eguamanquispe1300@uta.edu.ec) y código ORCID: 0000-0002-3332-0145.



**Lic. Mg. Willian Moyano Calero**. Docente de la Carrera de Enfermería de la Universidad Técnica de Ambato, con correo institucional [we.moyano@uta.edu.ec](mailto:we.moyano@uta.edu.ec) y código ORCID: 0000-0001-6757-9326.

# Eficacia del hidróxido de calcio como catalizador en la transesterificación de aceite de primera generación

Mendoza Bustamante Héctor M.  
<https://orcid.org/0009-0002-7294-8848>  
hmendoza7736@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Cevallos Cedeño Ramón E.  
<https://orcid.org/0000-0002-8583-4674>  
ramon.cevallos@utm.edu.ec  
Departamento Procesos Químicos,  
Alimentos y Biotecnología.  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Segundo Alcides García M.  
<https://orcid.org/0000-0002-8152-3406>  
segundo.garcia@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Gonzalo Oswaldo García Vincés.  
<https://orcid.org/0000-0001-9819-7451>  
gonzalo.garcia@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (22/08/2023), Aceptado (23/10/2023)

**Resumen:** El presente trabajo tuvo como objetivo obtener hidróxido de calcio a partir de las cáscaras de huevo y utilizarlo como catalizador en la transesterificación de aceite de primera generación y evaluar este compuesto con otros catalizadores como hidróxido de sodio e hidróxido de calcio de grado reactivo. Se realizó un proceso de selección y tratamiento de las cáscaras de huevo. Los principales resultados muestran que el hidróxido de calcio de grado reactivo tiene mayor eficacia que el hidróxido obtenido a partir de las cáscaras de huevo, mientras que el hidróxido de sodio demostró ser muy superior en comparación a los demás catalizadores evaluados en el estudio.

**Palabras clave:** Catalizadores heterogéneos, metanol, hidróxido de calcio, carbonato de calcio.

Coping during the COVID-19 pandemic in the cleaning staff of a public hospital

**Abstract.-** The present work aimed to evaluate the effectiveness of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  obtained from eggshells as a catalyst in the transesterification of first-generation oil compared to catalysts such as  $\text{Na}(\text{OH})$  and  $\text{Ca}(\text{OH})_2.\text{GR}$ . The eggshells were subjected to thermal treatment in a muffle furnace with temperature intervals to reduce  $\text{CaCO}_3$  to  $\text{CaO}$ . Once the calcium oxide was obtained, it was mixed with distilled water, which evaporated over time due to the exothermic reaction of  $\text{CaO}$  conversion to produce  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . The results showed that  $\text{Ca}(\text{OH})_2.\text{GR}$  has greater efficacy than  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  obtained from eggshells, while  $\text{Na}(\text{OH})$  proved superior to the other catalysts used in the study

**Keywords:** Heterogeneous catalysts, methanol, calcium hydroxide, calcium carbonate.





## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la crisis energética mundial y el agotamiento de las fuentes de combustibles fósiles en el planeta ha motivado al ser humano a explorar alternativas diferentes a los derivados del petróleo que permitan cumplir la demanda energética y lidiar con el progresivo aumento del precio del crudo; al mismo tiempo, el uso desmedido de estos recursos ha ocasionado una creciente contaminación ambiental debido a las acumulaciones de emisiones de gases de efecto invernadero que estas generan. En este sentido, las energías como renovables como la energía solar, eólica y de biocombustibles parecen ser las mejores alternativas para solucionar los problemas energéticos del futuro inmediato. Entre los biocombustibles, el más estudiado es el biodiesel, en virtud de su capacidad para sustituir directamente al diésel fósil o petrodiesel en motores convencionales tanto en soluciones puras como mezclas; químicamente, el biodiesel es una mezcla de metil-ésteres de ácidos grasos de cadena larga derivado de aceites vegetales (frescos o usados) y grasas animales [1]. Resulta importante saber que la producción de biodiesel, implica una reacción de transesterificación, cuya reacción se lleva a cabo con catalizadores homogéneos (ácidos o bases) así como también con catalizadores heterogéneos (ácidos, bases o enzimas), en el que convierten los triacilglicéridos de ácidos grasos en alquil ésteres usando alcohol de cadena corta (metanol o etanol). Por lo general, los catalizadores que más se usan son los alcalinos homogéneos; entre ellos el hidróxido de potasio (KOH), el hidróxido de sodio (NaOH), y en menor medida el hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), ya que proporcionan una mayor velocidad de reacción en comparación con los catalizadores ácidos [2].

Por otro lado, los catalizadores heterogéneos, que incluyen catalizadores ácidos, básicos y enzimas, ofrecen ventajas adicionales en términos de facilidad de separación del biodiesel y el catalizador. Aunque su velocidad de reacción puede ser menor en comparación con los catalizadores homogéneos, su capacidad de reciclaje y su menor impacto ambiental los convierten en opciones atractivas. La elección del catalizador adecuado depende de factores como la disponibilidad de materias primas, el costo, la sostenibilidad y la eficiencia en el proceso de producción de biodiesel.

En este trabajo se ha aprovechado el hidróxido de calcio presente en las cáscaras de huevo para la generación de un catalizador, de manera que pueda ser empleado en la transesterificación de aceite de primera generación, para luego compararlo con los catalizadores de hidróxido de sodio y de hidróxido de calcio en grado reactivo. La intención principal es verificar la eficacia de los compuestos para intentar proponer una alternativa ambiental. Las cáscaras de huevo poseen un alto contenido de calcio, sin embargo, no suelen ser aprovechadas. Estas se encuentran en el grupo de la biocerámica, constando de una fase orgánica y otra inorgánica. Compuesta por 1,6% de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico, y finalmente 3,3% de materia orgánica [2], [3].

## II. DESARROLLO

Los catalizadores son sustancias que participan en una reacción química sin ser consumidos en el proceso y sin modificar permanentemente su estructura química. Su función principal es acelerar la velocidad de una reacción química, permitiendo que ocurra a una velocidad mayor de la que lo haría en ausencia de este. Además, facilitan la formación de productos al disminuir la energía de activación requerida para que la reacción tenga lugar. Esto hace que las reacciones químicas sean más eficientes y, a menudo, más selectivas. Existen dos tipos principales de catalizadores: catalizadores homogéneos y catalizadores heterogéneos.

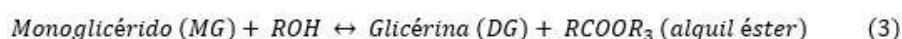
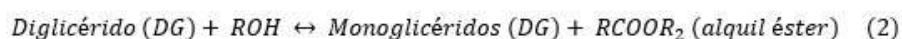
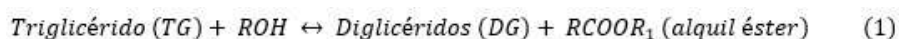
Los catalizadores homogéneos se encuentran en la misma fase que los reactivos y productos de la reacción. Por lo general, son compuestos químicos que se disuelven en los reactivos y participan directamente en la reacción. Ejemplos comunes de catalizadores homogéneos incluyen ácidos, bases y complejos metálicos. Estos catalizadores a menudo proporcionan una alta velocidad de reacción, pero a veces pueden ser más difíciles de separar de los productos y pueden requerir procesos adicionales de purificación.

En el caso de los catalizadores heterogéneos, se encuentran en una fase diferente a la de los reactivos y productos. Por lo general, son sólidos que se utilizan en forma de partículas, superficies o estructuras porosas. Los catalizadores heterogéneos son comunes en procesos industriales, como la catálisis de hidrotratamiento en la refinación de petróleo, donde los sólidos catalíticos facilitan la eliminación de impurezas y la conversión de compuestos no deseados en productos útiles. Estos catalizadores son más fáciles de separar de los productos y suelen ser más sostenibles.

Los catalizadores son fundamentales en la industria química y en numerosas aplicaciones científicas y tecnológicas. Contribuyen a la eficiencia de procesos químicos, reducen costos y mejoran la selectividad de las reacciones, lo que los convierte en componentes esenciales en campos que van desde la producción de químicos y biocombustibles hasta la síntesis de medicamentos y la purificación de agua. Además, los catalizadores juegan un papel importante en la búsqueda de soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente al permitir reacciones más limpias y eficientes.

#### A. Transesterificación

La transesterificación, consiste en la reacción de un triglicérido con un alcohol para formar ésteres y glicerol. Las ecuaciones (1) a la (3) muestran una forma más simplificada de la reacción de transesterificación de un triacilglicérido en donde estos se convierten en diglicéridos, monoglicéridos y por último a glicerol, produciendo en cada etapa una mol de alquil éster [3], la reacción estequiométrica entre el alcohol y el aceite es 3:1; sin embargo, dado el carácter reversible de las reacciones, algunos autores [4] mencionan que una relación 6:1 conlleva a que, desde el inicio, la reacción se desplace hacia la derecha (productos) y el sistema se constituya por un medio bifásico, puesto que el alcohol no se solubilice en los triglicéridos en proporciones molares mayores de 6:1 [5].

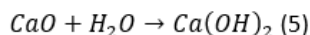


#### B. Catalizadores

Se utilizaron 3 catalizadores diferentes, GR, obtenido de la cascara de huevo. Para la obtención de se lavaron 1000g de cáscaras de huevos con abundante agua para la remoción de residuos como la yema, clara entre otros [6]; acto seguido fueron secados en un horno por 2 horas a una temperatura de 100°C, posteriormente se trituro y finalmente se dejó secar en una mufla con escalas de temperaturas de 400°C - 850°C y un intervalo de tiempo de 2h - 6h para determinar la cantidad de óxido de calcio. Mediante titulación con ácido clorhídrico al 0,1 N y fenolftaleína se determinó el porcentaje de pureza empleando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{V \cdot N \cdot mEqCaO}{m CaO} \times 100 \quad (4)$$

Establecida la cantidad de óxido de calcio, se procedió a mezclar con agua destilada suficiente para obtener el hidróxido de calcio tal y como se muestra en la ecuación:



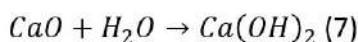
### III. METODOLOGÍA

La muestra utilizada se obtuvo de diferentes locales dedicados a actividades comerciales de la ciudad de Portoviejo. Los catalizadores utilizados en el ensayo fueron: NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub> y el hidróxido de calcio reactivo. Todos los catalizadores estuvieron en una concentración del 1%. Para su preparación, se usó 1g de cada catalizador diluido en 21.75 ml de metanol para la posterior transesterificación. Se realizó un pretratamiento a las cáscaras de huevo con abundante agua hervida para remover impurezas, luego se procedió a secarlas con ayuda de un horno por un tiempo de e horas a 100°C, posteriormente la muestra obtenida fue triturada, este micro polvo se calcino en una mufla a temperaturas de 450°C y 850°C por un tiempo de 4 horas. La muestra obtenida se sometió a titulación con ácido clorhídrico al 0,1N y 4 a 5 gotas del indicador (fenolftaleína) para determinar el porcentaje de pureza empleando la ecuación (6)

$$\% \text{ Pureza} = \frac{V \cdot N \cdot mEqCaO}{m CaO} \times 100 \quad (6)$$

Donde: V = Volumen del ácido clorhídrico consumido, N = Normalidad del ácido clorhídrico, mEq CaO = miliEquivalente químico del óxido de calcio, m CaO = masa del CaO obtenido.

Establecida la cantidad de óxido de calcio, se procedió a mezclar con agua suficiente para obtener el hidróxido de calcio tal y como se muestra en la ecuación:



#### C. Aceite de Primera generación

Se realizó una caracterización al aceite vegetal obteniendo biodiesel y se analizó la eficacia de los catalizadores; los análisis realizados fueron físico-químicos según lo establece la norma ASTM D 445 y INEN 35, INEN 38, INEN 39 para la caracterización de aceite y Norma ASTM D6751-08 para el biodiesel obtenido. Se procedió a colocar 4 gotas del indicador (fenolftaleína) en 5 g de aceite vegetal contenidos en un matraz de 250 ml cuya muestra se tituló con una solución estandarizada de K(OH) al 0.1N empleando una bureta de 25 ml con llave de paso de teflón hasta lograr que la muestra cambie de color; esto debido a la neutralización de la disolución (8).

$$\% \text{ Ácidos grasos libres} = \frac{B \cdot N \cdot Meq \cdot 100}{P} \quad (8)$$

En donde: B = K(OH) consumido en la titulación, N = Normalidad del hidróxido de potasio al 0.1N, Meq = Mili equivalente químico del ácido graso predominante en la muestra (ácido linoleico), P = Peso de la muestra (aceite).

Una vez obtenido el porcentaje de ácidos grasos, se empleó la expresión (9) para calcular el índice de acidez.

$$\text{Índice de acidez} = \% \text{ Ácidos grasos libres} \cdot 1,99 \quad (9)$$

## D. Densidad

En cuanto al cálculo de la densidad, se utilizó la técnica de la picnometría; primeramente, se pesaron los picnómetros y se calibró el instrumento de medición; luego se llenaron los picnómetros hasta el límite permitido con la muestra de interés y después se pesaron empleando una balanza analítica. El valor obtenido se dividió para 25 que es el volumen del picnómetro obteniendo la densidad en unidades de g/ml, el cual es preciso convertirlo en  $\text{kg/m}^3$ .

## E. Índice de peróxido

Se necesitaron soluciones de ácido acético-cloroformo (3:2 volumen-volumen), yoduro de potasio (IK), tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) y un indicador de almidón para conocer el índice de peróxido tanto para el aceite como para el biodiesel. Para ello, se procedió a pesar 5 g de etanol y 0,5 g del aceite vegetal en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml con tapón de vidrio. Seguidamente, se añadieron 30 ml de la solución preparada de ácido acético-cloroformo con agitación leve hasta disolver la muestra; posteriormente, se añadieron 0,5 ml de la solución de yoduro de potasio (IK), con la ayuda de una pipeta volumétrica con agitación constante dejando reposar en un lugar con poca luz durante 1 minuto. Transcurrido este tiempo, se añadieron 30 ml de agua destilada y se tituló con tiosulfato de sodio hasta que la coloración amarilla de yodo desapareciera; para finalizar, se añadió 2 gotas de la solución de almidón y se tituló nuevamente con el propósito que la coloración azul desapareciera. El cálculo para determinar el índice de peróxido se realizó mediante la siguiente ecuación (10).

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{((S-B) \cdot N \cdot 1000)}{\text{peso de la muestra}} \quad (10)$$

Para determinar el índice de yodo, se prepararon soluciones de yoduro de potasio (IK), tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ), solución de Wijs y la solución indicadora de almidón. Para empezar, se pesaron 0,13-0,15 g de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml; seguidamente, se añadieron 20 ml de cloroformo para diluir todo el aceite vegetal; de la misma forma, se añadieron 15 ml del reactivo de Wijs agitando de manera uniforme el matraz y evitando contacto con la luz mediante papel aluminio. Además, se preparó un blanco con el disolvente y reactivo, pero sin la muestra problema. Por otro lado, se mantuvieron los matraces con poca luz durante 1 hora; transcurrido este tiempo, se añadieron 20 ml de solución de IK y 50 ml de agua destilada a cada matraz. Para terminar, se utilizó tiosulfato de sodio para titular hasta que el color amarillo producido por el yodo haya cambiado a amarillo tenue; luego, se añadió una pizca de almidón y se continuó con la titulación hasta que desapareciera el color azul (11).

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot N \cdot 12,69}{\text{peso de la muestra}} \quad (11)$$

Donde:  $V_1$  = Volumen de titulación del blanco en ml,  $V_2$  = Volumen de titulación de la muestra en ml,  $N$  = Normalidad del tiosulfato de sodio.

## G. Viscosidad

Respecto a la cuantificación de la viscosidad de la muestra, se utilizó el viscosímetro de Ostwald, calentador eléctrico (Bosch Tronic 6000 T ES 100-5,) cronómetro, termómetro digital y agua destilada. La viscosidad absoluta o dinámica ( $\mu$ ), se representa en unidades del Sistema Internacional: pascal por segundo (Pa·s) en el Sistema Cegesimal; para un fluido Newtoniano se refiere al cociente de esfuerzo cortante y gradiente de velocidad al cual es sometido. Para conocer la viscosidad de la muestra, primero se obtuvo la viscosidad dinámica mediante la ecuación (12).

$$\frac{\mu_{H_2O}}{\mu_{fluido}} = \frac{\rho_{H_2O} * t_{H_2O}}{\rho_{fluido} * t_{fluido}} \quad (12)$$

Donde:  $\mu$  = Viscosidad dinámica,  $\rho$  = Densidad,  $t$  = Tiempo

Después de que se calculó la viscosidad dinámica, se empleó la ecuación para determinar la viscosidad cinemática:  $\varphi = \mu/\rho$ . Donde:  $\varphi$  = Viscosidad cinemática,  $\mu$  = Viscosidad dinámica,  $\rho$  = Densidad.

#### H. Humedad

Para el cálculo de la humedad, se taró y pesó la cápsula de porcelana; inmediatamente, se colocó la muestra en la cápsula pesada y luego se la llevó a la estufa de secado (ED- BINDER 115) durante 1 hora a temperatura de 100 °C; una vez transcurrido ese tiempo, se retiró la muestra y se pesó nuevamente la muestra. Se empleó la ecuación (13).

$$\% \text{ humedad} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (13)$$

Donde: M1 = Masa de la muestra inicial, M2 = Masa de la muestra final.

#### I. Transesterificación alcalina

Para la reacción de transesterificación, se aplicó una relación molar de aceite: metanol, igual a 1:6, donde primero se agregaron 100 g de aceite de primera generación en un matraz de 500 ml; posteriormente, se procedió a calentar la muestra en una plancha de calentamiento con ayuda de una pastilla de agitación hasta lograr una temperatura de 60 °C. Alcanzada dicha temperatura, se colocaron los diferentes catalizadores con su respectivo tiempo de operación (45 minutos).

#### J. Variables de operación

Para el caso del metanol es importante indicar que su temperatura de ebullición fue de 64,7 °C; en base a lo mencionado, se usó solamente la temperatura de 60 °C, ya que, si se usa una temperatura mayor a la establecida podría afectar el proceso como tal originando reacciones secundarias o de saponificación. La agitación se controló en la placa de calentamiento (THERMO SCIENTIFIC – 88880002) con la una velocidad a 600 rpm. Se analizó la variable del tipo de alcohol que fue metanol, ya que dentro de sus propiedades se encontró que fue el alcohol de cadena más corta y que este es polar, además de ser bastante económico.

El tiempo de reacción se fijó en 2 horas. Para la separación del biodiesel obtenido y la glicerina, se empleó el método de decantación, el cual consistió en la separación de los metil ésteres y la glicerina a través de las diferencias de densidades en un embudo de decantación; cabe señalar, que para una mejor separación es primordial dejar reposar por 1 hora. Finalmente, se realizó un lavado y secado, con la finalidad de obtener un biodiesel sin impurezas. Se lavó el mismo con agua destilada a 40 °C utilizando un embudo de decantación y llenando 1/3 de dicha agua en el biodiesel agitándolo suavemente y dejando reposar aproximadamente por 2 horas. Esta técnica se llevó a cabo 5 veces en cada muestra. De inmediato, se procedió a colocar el biodiesel en la estufa de secado a 100 °C durante 1 hora para reducir las cantidades de agua presentes.

## IV. RESULTADOS

En la tabla 1 se observa el número de muestras y el tiempo de secado al que fueron expuestas las cáscaras de huevo secas, obteniendo con ello un porcentaje de pureza respecto al óxido de calcio (CaO) y posterior hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>).

**Tabla 1.** Efecto de la temperatura y tiempo de secado en la obtención de hidróxido de calcio por cáscara de huevo.

N de experimento	Temperatura (°C)	Tiempo de secado (h)	% Pureza CaO	Ca(OH) <sub>2</sub> %
1	450	4	40	51,00
2	850	4	50	60,05

El porcentaje mayor en el experimento 2 podría ser debido a que la temperatura de calcinación que se utilizó fue de 850 °C, que permite que el carbonato de calcio se descomponga en óxido de calcio y en dióxido de carbono. Es importante señalar que entre mayor sea el tiempo de calcinación mayor actividad catalítica y degradación térmica presentará el carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub>. Por otra parte, la muestra que consiguió mayor peso en gramos de hidróxido de calcio fue la misma muestra 2, puesto que, al utilizar la ecuación estequiométrica (2) se obtuvo la cantidad de NaOH que se produjo al mezclar ambos reactivos.

### A. Caracterización de la muestra

En la tabla 2, se muestran los parámetros de análisis fisicoquímicos realizados al aceite de primera generación previo a su transesterificación.

**Tabla 2.** Parámetros de caracterización de la muestra inicial de aceite vegetal.

Parámetros	Resultados	Unidad	Método
Índice de acidez	0,27	mg KOH/aceite	INEN 38
Índice de yodo	130	gramos de yodo/100 g aceite	INEN 37
Índice de saponificación	191	mgKOH/aceite	INEN 40
Densidad	912	Kg/m <sup>3</sup>	INEN 35
Viscosidad	32,8	mm <sup>2</sup> /s	ASTM D 445
Humedad	0,15	%	INEN 39

### B. Resultados de los análisis al biodiesel obtenido (60 °C)

En la tabla 3 se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos posterior a la obtención del biodiesel aplicando los tres tipos de catalizadores.

**Tabla 3.** Parámetros de caracterización de la muestra inicial de aceite vegetal.

Parámetros	45 minutos de reacción								
	Hidróxido de sodio			Hidróxido de calcio			Hidróxido de calcio GR.		
	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Índice de acidez (mgKOH/g)	0,3	0,34	0,31	0,38	0,36	0,38	0,4	0,38	0,4
	$\bar{x} = 0,32$			$\bar{x} = 0,39$			$\bar{x} = 0,37$		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	890	885	888	861,1	869,3	865	870	872,5	873
	$\bar{x} = 887,67$			$\bar{x} = 865,1$			$\bar{x} = 871,3$		
Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	4,34	4,47	4,29	3,46	3,52	3,42	3,87	3,96	3,92
	$\bar{x} = 3,37$			$\bar{x} = 4,46$			$\bar{x} = 3,916$		
Humedad (%)	0,03	0,035	0,32	0,028	0,030	0,031	0,03	0,032	0,030
	$\bar{x} = 0,022$			$\bar{x} = 0,039$			$\bar{x} = 0,0306$		

En la tabla 4 se exponen las normas ASTM D6751-08 para determinar la calidad del biodiesel, se expone una comparación con el biodiesel con el Ca (OH)<sub>2</sub> utilizado como catalizador.

**Tabla 4.** Norma ASTM D-6751 utilizada para la determinación de las propiedades y calidad del biodiesel (Precisión de  $\pm 0,1$ ).

Propiedad	Unidades	Norma ASTM D6751-08	Método	Técnica	Biodiesel obtenido mediante Ca(OH) <sub>2</sub>	Validación
Índice de acidez	mg KOH/g	Máx. 0,50	D664	Valoración ácido-base	0,39	Dentro de norma
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	860-900	ISO 3675	Picnometría	865,1	Dentro de la norma
Viscosidad a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	1,9-6	D445	Viscosimetría	4,46	Dentro de norma
Humedad	%	Máx. 0,050	D2709	Equipo Normalizado	0,029	Dentro de la norma

Tomando como referencia la norma NTE INEN 38, el índice de acidez de la muestra inicial fue de 0,27, un valor relativamente bajo para permitir la catálisis básica en la reacción de transesterificación, valores similares se reportan en la referencia [9], que establece un límite de 0,6 mg KOH/g de aceite de soya. Otros autores señalan que el índice de acidez determina los ácidos grasos libres que tiene cada aceite, por consiguiente, entre menor número de ácidos grasos tenga el aceite, es mejor, ya que estos pueden reaccionar con el catalizador (metanol) para formar jabón [7].

En cuanto a la densidad de la muestra caracterizada, se consideró la metodología descrita en la norma INEN 35 teniendo como resultado un valor de 912 kg/m<sup>3</sup>, siendo los resultados similares y por tanto se puede evidenciar en la investigación de la referencia [21], en la cual se utilizó aceite de soja proveniente de actividades domésticas (frituras). Esto se debe principalmente a que el aceite estuvo en condiciones de almacenamiento óptimas, evitando así que se vea afectado por condiciones externas. Por otra parte, siguiendo la metodología establecida en la norma ASTM D 445, la viscosidad cinemática obtenida del aceite vegetal fue de 32,8 mm<sup>2</sup>/s, valores similares podemos encontrar en otras investigaciones que señalan una viscosidad de 32,4 mm<sup>2</sup>/s y en el estudio de la referencia con aceite de soja con un valor de 30,85 mm<sup>2</sup>/s. Por tal motivo, dicho valor no presentó un problema en la transesterificación.

Finalmente, la humedad obtenida en el aceite vegetal mediante el método que indica la norma INEN 39 fue relativamente muy bajo (<1%), en consecuencia, otros autores afirman que las bajas concentraciones tanto de alcoholes y agua, favorece la viabilidad de la alcoholisis del aceite vegetal, por esta razón, es importante que el aceite que se va a transesterificar no presente este problema porque favorece el proceso de saponificación.

Los resultados que se muestran en la figura 2, indican que el índice de acidez del biodiesel alcanzó una media de 0,32, 0,39 y 0,37, para cada catalizador usado permitiendo estar dentro del rango establecido por la norma ASTM D-6751 (valor permisible máximo de 0,50 mgKOH/g de aceite). Cabe señalar que, en este parámetro, tanto el biodiesel en el que se utilizó Ca(OH)<sub>2</sub> obtenido de cáscaras de huevo, y el de grado reactivo presentaron valores de índice de acidez mayores que el obtenido con NaOH, esto se da por la basicidad del calcio que es inferior a los metales de la primera familia. Se puede señalar que esta propiedad se eleva con la degradación del combustible o se asocia a depósitos en el sistema de combustible, también reduce la vida de la bomba de suministro y filtros, por consiguiente, se recomienda almacenar el biodiesel en condiciones óptimas (humedad y temperatura).

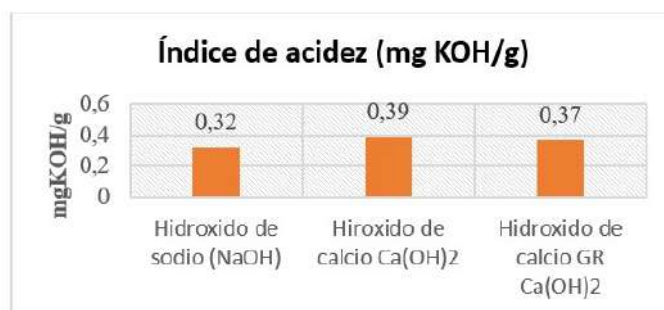


Fig. 1. Norma ASTM D-6751 utilizada para la determinación de las propiedades y calidad del biodiesel (Precisión de  $\pm 0,1$ ).

En cuanto a los resultados de la densidad de los biodiesel obtenidos con diferentes catalizadores, estos estuvieron dentro de la norma ASTM D-6751, mostrados en la figura 3 la cual establece un rango entre 860-900 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo, de los tres catalizadores usados, el hidróxido de calcio es el que menor valor presenta, esto se debe a su baja actividad catalítica en comparación del NaOH que son mucho más solubles y producen una mayor efectividad de transesterificación. La densidad de un biodiesel depende mucho del contenido en ésteres y de la cantidad de alcohol a utilizarse, debido a que, si no se usa una correcta proporción de alcohol, además de generarse biodiesel también se produce una reacción reversible, ocasionando inconvenientes en los sistemas de inyección, bombas e inyectores y combustiones incompletas.





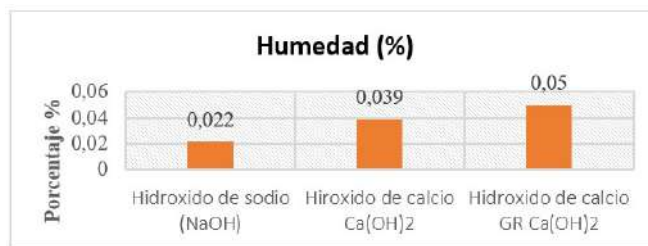
Fig. 2. Densidad del biodiesel obtenido con diferentes catalizadores.

Se evidencia que el aceite transesterificado con NaOH muestra el valor más bajo, de hecho, se da por el ion metálico (catión) que tiene menor afinidad en comparación con los metales alcalinos lo que produce una baja solubilidad en el proceso. La viscosidad, es una de las propiedades más importantes, puesto que, afecta en gran parte a la atomización del combustible en la inyección de este en la cámara de combustión y, con ello, a la formación de depósitos en el motor. Al respecto, otras investigaciones afirman que la viscosidad cinemática como el índice de cetano del biodiesel no depende del proceso de producción sino del aceite de origen lo que concuerda con lo descrito en la referencia, el cual afirma que la viscosidad y el índice de cetano del biodiesel aumentan con el tamaño de la cadena carbónica, así como del nivel de insaturación del aceite de origen y el que proviene de un aceite insaturado tiene un valor medio.



Fig. 3. Viscosidad cinemática del biodiesel obtenido con diferentes catalizadores.

La figura 4 refleja la humedad obtenida de las muestras de biodiesel con los diversos catalizadores a 60 °C y un tiempo de reacción de 45 minutos, las cuales fueron 0,022%, 0,039% y 0,030%, respectivamente, que estuvieron dentro de la norma ASTM D-6751 que especifica un límite máximo de 0,05% para agua y sedimentos. Es importante señalar que, si se sobrepasa esta cantidad, puede tener lugar la acumulación de esta en el fondo de los tanques de almacenamiento, lo que promueve el crecimiento de microorganismos que degradan el biodiesel reduciendo su capacidad de almacenamiento y afectan el funcionamiento del motor, puesto que los lodos generados pueden provocar obstrucción de los filtros y las líneas por las que pasa el combustible. En el trabajo de la referencia se afirma que todo esto se da a causa de que los éteres metílicos son más higroscópicos que los combustibles a base de petróleo y durante el almacenamiento son expuestos a un mayor contenido de humedad hasta alcanzar concentraciones más altas. La presencia de humedad en el aceite provoca la formación de jabón de manera excesiva, consume catalizador y reduce la eficacia de estos. La bibliografía ha reportado que el exceso de humedad puede ser eliminado mediante un tratamiento térmico en un reactor o también en un horno.



**Fig. 4.** Humedad del biodiesel obtenido con diferentes catalizadores.

En la bibliografía se ha expuesto que el CaO obtenido por calcinación de CaCO<sub>3</sub> a 900 °C ha mostrado una actividad mucho mayor en comparación con otros utilizados tales como Ca(OH)<sub>2</sub>, que ha sido utilizado como catalizador en las tres muestras de aceite vegetal a transesterificar. Los resultados de los análisis fisicoquímicos exponen una leve variación entre los parámetros analizados con la aplicación de cada catalizador. Sin embargo, la muestra de biodiesel en la que los resultados fueron más significativos fue en la que se utilizó Hidróxido de Sodio (NaOH).

En investigaciones recientes se afirma que el NaOH es más efectivo que el metóxido de sodio debido a que una pequeña cantidad de agua se produce mezclando NaOH y MeOH. El NaOH también se prefiere para catalizar las transesterificaciones dado que es más económico. Sin embargo, en relación con el comportamiento de los catalizadores en general, este autor indica que la utilización de la potasa (KOH) como catalizador para biodiesel es más eficaz ya que es más soluble que la soda (NaOH) requiriendo menor tiempo de conversión, la segunda muestra con resultados significativos fue el Ca(OH)<sub>2</sub> GR. Varios autores emplearon aceite puro de soya, metanol y CaO, Ca(OH)<sub>2</sub> y CaCO<sub>3</sub>, como catalizadores para la producción de biodiesel, y demostraron que después de 1 h de reacción se obtuvo el 93%, 12% y 0% de conversión para los tres catalizadores, respectivamente. Lo anterior demuestra que de acuerdo con los espectros de difracción de rayos X la calcita es inactiva en la producción de biodiesel y que en el intervalo de los 100-300 °C el catalizador activo es el Ca(OH)<sub>2</sub>.

El resultado menos significativo se obtuvo con el Ca(OH)<sub>2</sub> pese a que los análisis arrojaron que el biodiesel estuvo dentro de los parámetros ASTM D6751-08, en algunas investigaciones se afirma que en la mayoría de ensayos utilizan CaO puro o CaO obtenido por descomposición térmica de sales de calcio disponibles comercialmente tales como carbonato de calcio, acetato de calcio, oxalato de calcio y nitrato de calcio. Todos los autores coinciden con la obtención de buenos rendimientos de FAME (Ésteres metílicos de ácidos grasos) trabajando con temperaturas relativamente bajas, entre los 50 °C y 80 °C. No obstante, el principal inconveniente presentado por el óxido de calcio es que requiere una activación térmica con el fin de eliminar el CO<sub>2</sub> y humedad adsorbida. Esto implica trabajar bajo condiciones de vacío o condiciones de flujo de nitrógeno con el fin de evitar su carbonatación. El uso del CaO ha sido estudiado ampliamente, se han reportado buenos rendimientos a temperaturas entre 50 y 80 °C. En el año 2010 se analizó el efecto del agua y el CO<sub>2</sub> en el deterioro del catalizador en contacto con la atmósfera. Se encontró que la superficie del CaO resultó envenenada por dicho contacto, pudiendo reactivarse luego de un tratamiento térmico.

## CONCLUSIONES

La muestra de biodiesel en la que se aplicó el NaOH como catalizador tuvo resultados sobresalientes por encima de los otros dos catalizadores en los parámetros fisicoquímicos, esto debido a que los catalizadores homogéneos proporcionan una alta conversión al biodiesel; no obstante, no son recuperables al medio ambiente y el tratamiento de lavado debe ser minucioso. En el caso de la cáscara de huevo, el buen rendimiento dentro de la muestra de biodiesel transesterificada se confiere a que durante la calcinación del CaO se disperse en el sistema binario base-ácido y por consiguiente el catalizador presenta mayor basicidad.

Se recomienda realizar un estudio cinético de transesterificación con otros tipos de catalizadores heterogéneos como el CaO y CaO<sub>3</sub> y un estudio profundo con técnicas de espectrofotometría y HPLC.

## REFERENCIAS

- [1] J. A. Alfonso Álvarez, «Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio,» Universidad Tecnológica de Tijuana, México, 2013.
- [2] O. Awogbemi, F. Inambao y E. I. Onuh, «Modification and characterization of chicken eggshell for possible catalytic applications,» Heliyon, vol. 6, n° 10, 2020.
- [3] Y. B. Cho y G. Seo, «High activity of acid-treated quail eggshell catalysts in the transesterification of palm oil with methanol,» Bioresource Technology, vol. 101, n° 22, pp. 8515-8519, 2010.
- [4] Z. Helwani, M. R. Othman, N. Aziz, J. Kim y W. J. Fernando N., «Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: A review,» Applied Catalysis A: General, vol. 363, n° 1-2, pp. 1-10, 2009.
- [5] S. T. Keera, S. M. El Sabagh y A. R. Taman, «Tranesterification of vegetable oil to biosiedel fuel using alkaline catalyst,» Fuel, vol. 90, n° 1, pp. 42-47, 2011.
- [6] G. Charry Parra, Transesterificación de aceite de palma con metanol por catálisis heterogénea usando CaO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como catalizadores, 2005.
- [7] A. B. Chhetri, K. C. Watts y M. R. Islam, «Waste cooking oil as an alternate feedstock for biodiesel production,» Energies, vol. 1, n° 1, pp. 3-18, 2008.
- [8] R. Peña, R. Romero, S. L. Martínez, M. J. Ramos, A. Martínez y R. Natividad, «Transesterification of castor oil: Effect of catalyst and co-solvent,» Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 48, n° 3, pp. 1186-1189, 2009.

# El Algeblocks como técnica lúdica para el desarrollo de operaciones algebraicas: una experiencia pedagógica con estudiantes de bachillerato

Franco Yagual Leonardo Miguel  
<https://orcid.org/0009-0004-7251-7786>  
lfranco6920@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Guayas-Ecuador

Alay Giler Alba Dolores  
<https://orcid.org/0000-0002-5436-9706>  
alba.alay@utm.edu.ec  
Universidad Técnica de Manabí  
Portoviejo-Ecuador

Recibido (05/08/2023), Aceptado (13/10/2023)

**Resumen:** En este artículo se presenta la técnica Algeblocks como una herramienta lúdica que utiliza bloques de colores para representar variables y operaciones algebraicas. Esta técnica es ampliamente utilizada para enseñar operaciones algebraicas básicas, como factorización, productos notables y ecuaciones de primer grado. La población estuvo compuesta por 150 estudiantes, con una muestra de 50 estudiantes de bachillerato. Se realizó un pre-test como evaluación diagnóstica al inicio del año y se aplicó un post-test como evaluación sumativa al final del programa. Los resultados mostraron que se alcanzó un aumento en las calificaciones de los estudiantes, pero además revelaron que la estrategia causó motivación, entusiasmo y alta colaboración en el grupo de estudio, logrando confirmar que el aprendizaje se alcanzó con éxito.

**Palabras clave:** Algeblocks, operaciones algebraicas, técnica lúdica.

Algeblocks as a playful technique for the development of algebraic operations: a pedagogical experience with high school students

**Abstract.-** This article presents the Algeblocks technique as a playful tool that uses colored blocks to represent variables and algebraic operations. This technique is widely used to teach basic algebraic operations, such as factoring, remarkable products, and first-degree equations. The population consisted of 150 students, with a sample of 50 high school students. A pre-test was conducted as a diagnostic evaluation at the beginning of the year, and a post-test was applied as a summative evaluation at the end of the program. The results showed an increase in the student's grades but also revealed that the strategy caused motivation, enthusiasm, and high collaboration in the study group, confirming that learning was successfully achieved.

**Keywords:** Algeblocks, algebraic operations, playful technique.



## I. INTRODUCCIÓN

El uso del Álgebra como técnica de juego para el desarrollo del pensamiento algebraico ha sido estudiado en diversos contextos alrededor del mundo [1]. La UNESCO ha identificado carencias en el pensamiento algebraico en los países de América Latina, por tanto, resulta de gran importancia fortalecer esta área académica y promover el pensamiento lógico, matemático y algebraico en general [2]. Un estudio en los Estados Unidos encontró que los estudiantes que usaron bloques de álgebra mejoraron significativamente sus habilidades matemáticas en comparación con los estudiantes que no usaron bloques de álgebra [1], [3]. Otros autores afirman que el pensamiento algebraico es fundamental para el desarrollo de habilidades cognitivas y la resolución de problemas en diversos campos académicos y profesionales. El Álgebra, como técnica de juego, se presenta como una herramienta pedagógica poderosa para cultivar el pensamiento algebraico desde edades tempranas.

La relevancia de fortalecer el pensamiento algebraico en América Latina, según los informes de la UNESCO, radica en la detección de deficiencias en este aspecto en los sistemas educativos de la región [2]. La falta de habilidades algebraicas puede limitar el acceso a oportunidades educativas y laborales, contribuyendo a la brecha educativa y económica. Por ende, impulsar la enseñanza del Álgebra se convierte en un imperativo para promover el desarrollo integral de los estudiantes y prepararlos para los desafíos del siglo XXI. El impacto positivo del uso de bloques de álgebra en el mejoramiento de las habilidades matemáticas, como revelaron investigaciones previas [1], [3], subraya la eficacia de métodos interactivos y prácticos en la enseñanza del Álgebra. Estos enfoques no solo fomentan la comprensión profunda de conceptos algebraicos, sino que también estimulan el pensamiento creativo y la resolución de problemas de manera intuitiva.

Además, numerosos expertos coinciden en que el pensamiento algebraico no solo es esencial en el ámbito de las matemáticas, sino que también desempeña un papel crucial en el desarrollo de habilidades cognitivas transversales. La capacidad de analizar patrones, identificar relaciones y aplicar el razonamiento lógico adquiridos a través del Álgebra se traduce en beneficios significativos en áreas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM), así como en disciplinas fuera de este ámbito. En este sentido, el uso del Álgebra como técnica de juego no solo contribuye al fortalecimiento del pensamiento algebraico, sino que también tiene un impacto positivo en el desarrollo general de habilidades cognitivas y en la preparación de los estudiantes para los desafíos académicos y profesionales futuros. La promoción de enfoques pedagógicos interactivos y prácticos se presenta como una estrategia clave para cultivar no solo el dominio de las matemáticas, sino también la capacidad de abordar problemas complejos de manera creativa y analítica.

Este trabajo se centra en utilizar la técnica de Algeblocks como estrategia lúdica para promover el pensamiento algebraico en estudiantes de bachillerato, con el fin de que estos puedan realizar con mayor efectividad las operaciones matemáticas, motivando al logro de mejores resultados académicos y el desarrollo de habilidades lógicas.

## II. DESARROLLO

### A. La lúdica en las matemáticas

La lúdica en las matemáticas se refiere a la incorporación de elementos lúdicos, juegos y actividades recreativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos matemáticos. Esta metodología busca hacer que el estudio de las matemáticas sea más accesible, atractivo y significativo para los estudiantes, al mismo tiempo que promueve el desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y emocionales. Entre los factores que favorece el uso de la lúdica en la enseñanza se encuentran:

- **Motivación y Enganche:** Los juegos matemáticos proporcionan un ambiente motivador que despierta el interés de los estudiantes. Al presentar conceptos matemáticos de manera lúdica, se crea un entorno en el que los estudiantes se involucran de forma activa y voluntaria, favoreciendo un aprendizaje más profundo y duradero.
- **Aplicación Práctica:** Los juegos matemáticos a menudo implican la resolución de problemas y la toma de decisiones, lo que permite a los estudiantes aplicar los conceptos matemáticos de una manera práctica. Esto facilita la comprensión de la utilidad de las matemáticas en situaciones cotidianas y en la resolución de problemas del mundo real.
- **Colaboración y Socialización:** La lúdica en las matemáticas promueve la interacción entre los estudiantes. Los juegos de grupo fomentan la colaboración, el trabajo en equipo y la comunicación efectiva, habilidades sociales fundamentales tanto en el ámbito educativo como en la vida cotidiana.
- **Reducción del Miedo y la Ansiedad:** Al utilizar enfoques lúdicos, se puede reducir el miedo y la ansiedad asociados con las matemáticas. Los juegos proporcionan un ambiente más relajado, donde los errores son vistos como oportunidades de aprendizaje y no como fracasos, lo que contribuye a construir una actitud positiva hacia las matemáticas.
- **Desarrollo de Habilidades Cognitivas:** Los juegos matemáticos estimulan diversas habilidades cognitivas, como el razonamiento lógico, la resolución de problemas, la atención y la memoria. Al abordar desafíos matemáticos de manera lúdica, los estudiantes pueden desarrollar estas habilidades de manera natural y sin sentir la presión asociada con métodos más tradicionales.
- **Creatividad y Pensamiento Crítico:** La lúdica fomenta la creatividad al permitir a los estudiantes abordar problemas matemáticos desde diferentes perspectivas. Además, los juegos a menudo requieren pensamiento estratégico y crítico para alcanzar objetivos específicos, promoviendo así el desarrollo de estas habilidades fundamentales.
- **Adaptabilidad y Diversidad:** Los juegos matemáticos pueden adaptarse para satisfacer las necesidades y niveles de habilidad de diferentes estudiantes. Esto los convierte en una herramienta valiosa para atender la diversidad en el aula, proporcionando desafíos adecuados para cada individuo.

La lúdica en las matemáticas ofrece un enfoque innovador y efectivo para enseñar y aprender conceptos matemáticos, haciendo que la experiencia educativa sea más placentera y significativa para los estudiantes. Al integrar juegos y actividades lúdicas, se puede transformar la percepción de las matemáticas y promover un ambiente de aprendizaje positivo y enriquecedor.

#### B. Teorías pedagógicas de Piaget y Vygotsky

Las teorías pedagógicas de Jean Piaget y Lev Vygotsky son fundamentales en el ámbito educativo y han influido significativamente en la forma en que entendemos el desarrollo cognitivo y la enseñanza. Aunque ambos teóricos abordan el proceso de aprendizaje, sus enfoques difieren en términos de énfasis en el papel del individuo y la interacción social.

- **Teoría de Jean Piaget:**

1. **Desarrollo Cognitivo:** Piaget propuso que el desarrollo cognitivo ocurre en etapas secuenciales y cualitativamente distintas. Identificó cuatro etapas principales: sensoriomotora, preoperacional, operaciones concretas y operaciones formales. Piaget enfatizó la importancia de las experiencias sensoriales y la interacción directa con el entorno para construir el conocimiento.

2. Construcción del Conocimiento: Según Piaget, los individuos construyen su propio conocimiento a través de la asimilación y la acomodación.

La asimilación implica incorporar nueva información en las estructuras cognitivas existentes, mientras que la acomodación implica ajustar esas estructuras para acomodar la nueva información.

3. Rol del Juego: Piaget consideraba el juego como una actividad que refleja la asimilación y la acomodación, ya que los niños exploran y practican nuevas habilidades en un entorno seguro.

- Teoría de Lev Vygotsky:

1. Zona de Desarrollo Próximo (ZDP): Vygotsky introdujo la noción de la ZDP, que es la distancia entre lo que un estudiante puede hacer de forma independiente y lo que puede lograr con la ayuda de un guía más competente. Argumentó que el aprendizaje efectivo ocurre cuando los estudiantes están en su ZDP y reciben apoyo adecuado.

2. Influencia Social y Cultural: Vygotsky destacó la influencia de la cultura y la sociedad en el desarrollo cognitivo. La interacción social, especialmente a través del lenguaje, juega un papel crucial en la adquisición de conocimiento.

3. Papel del Maestro y Compañeros: A diferencia de Piaget, Vygotsky atribuía una importancia significativa a la interacción social en el proceso de aprendizaje. El maestro y los compañeros pueden actuar como facilitadores que proporcionan apoyo y desafíos apropiados para avanzar en la ZDP del estudiante.

4. Instrumentos Culturales y Lenguaje: Vygotsky argumentó que los instrumentos culturales, como el lenguaje, son esenciales para el pensamiento y la mediación del aprendizaje.

5. Rol del Juego Social: Vygotsky también reconoció la importancia del juego en el desarrollo, especialmente el juego simbólico, que implica la creación de situaciones imaginarias y el uso del lenguaje para representar roles y escenarios.

Mientras Piaget se centró en el desarrollo cognitivo individual y la construcción del conocimiento a través de la interacción directa con el entorno, Vygotsky resaltó la importancia de la interacción social y cultural, argumentando que el aprendizaje es un proceso social y colaborativo. Ambas teorías ofrecen perspectivas valiosas para comprender cómo los estudiantes aprenden y cómo los educadores pueden facilitar ese proceso.

### C. Corrientes pedagógicas actuales

En la actualidad, existen diversas teorías pedagógicas y enfoques educativos que han evolucionado y se han desarrollado para abordar los desafíos contemporáneos en la enseñanza de las matemáticas y promover un aprendizaje más efectivo. Algunas de las corrientes pedagógicas actuales relacionadas con el tema de estudio incluyen:

1. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): El ABP se centra en la resolución de problemas del mundo real a través de proyectos. Se busca la aplicación práctica de conceptos matemáticos en proyectos, fomentando la resolución de problemas y la colaboración.

2. Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI) o Indagación Matemática: Promueve la exploración guiada y la investigación por parte de los estudiantes. Incentiva la indagación activa en conceptos matemáticos, permitiendo a los estudiantes descubrir y comprender principios por sí mismos.

3. Aprendizaje Activo: Los estudiantes participan activamente en su propio aprendizaje a través de diversas actividades y métodos participativos. Se fomenta la participación activa en resolución de problemas, discusiones y juegos matemáticos para fortalecer la comprensión y aplicación de conceptos.

4. Enseñanza Basada en Competencias: Se centra en el desarrollo de habilidades prácticas y competencias en lugar de solo conocimientos teóricos. Se busca que los estudiantes adquieran competencias matemáticas aplicables en situaciones de la vida real.

5. Tecnología en la Educación Matemática: La integración de tecnologías educativas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Uso de herramientas digitales, software interactivo y simulaciones para hacer que las matemáticas sean más accesibles, visuales y atractivas.

6. Aprendizaje Colaborativo y Cooperativo: El aprendizaje se realiza en grupos colaborativos. Fomenta la resolución conjunta de problemas matemáticos, promoviendo la discusión y la explicación entre los estudiantes.

7. Gamificación en la Educación Matemática: Utilización de elementos de juego para motivar y comprometer a los estudiantes. Relación con las Matemáticas: Incorporación de juegos matemáticos y actividades lúdicas para hacer que el aprendizaje de las matemáticas sea más atractivo y divertido.

Estos enfoques reflejan la evolución de las teorías pedagógicas para adaptarse a las necesidades y características de los estudiantes en la era contemporánea, reconociendo la importancia de la participación activa, la aplicación práctica y la colaboración en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

### III. METODOLOGÍA

La investigación fue realizada bajo un enfoque mixto, de tipo descriptiva cuasiexperimental y longitudinal, donde se trabajó con un grupo experimental y un grupo de control. El primero fue sometido aun pre-test como evaluación diagnóstica (inicial) y un pos-test como evaluación sumativa (final), llevando a cabo una técnica diferente utilizando los algeblocs en los contenidos algebraicos. Mientras que el segundo, realizó sus clases en forma tradicional. En cada grupo se obtuvieron mediciones de sus rendimientos en el aprendizaje del álgebra que igualmente fueron contrastados para su análisis, discusión y conclusión. Este trabajose desarrollará en cuatro fases (fig.1).



**Fig. 1.** Fases de la investigación.  
Fuente: Propia.



Fase 1: Se emplean las estrategias educativas. En el grupo de control se emplea la estrategia clásica de actividades centradas en el docente, se imparte el mismo tema de estudio, pero se ejecutan evaluaciones memorísticas. Mientras que en el grupo experimental se emplea la estrategia a través del Algeblocks. Para cada grupo hubo una muestra de estudio de 50 personas de bachillerato.

Fase 2: Se realiza la evaluación correspondiente para medir los resultados de cada estrategia. Se recoge la información de cada grupo de análisis. Se toman en cuenta las herramientas utilizadas en cada situación y se evaluó el tema de clase, de la misma forma en ambos grupos.

Fase 3: Una vez recogida la información, se procedió a hacer el tratamiento de información, con el fin de conocer si existe algún aporte significativo en la aplicación de la estrategia.

Fase 4: Se procede a mostrar los resultados, hacer contrastes para proponer una forma de trabajo más acorde a los resultados encontrados, de manera que sea posible mejorar las calificaciones de los estudiantes.

#### IV. RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en la evaluación diagnóstica al inicio del año escolar.

**Tabla 1.** Comparación de resultados obtenidos.

Evaluación diagnóstica Pre-test				
ITEM S	CONTENIDOS	PROMEDIO 07	PROMEDIO 05	TOTAL
1	Errores en la simplificación de expresiones algebraicas.	16	84	100
2	Dificultad para entender y aplicar las reglas de los signos.	23	77	100
3	Falta de comprensión de los conceptos básicos de álgebra, como la distribución y la factorización.	15	85	100
4	Falta de práctica en la resolución de problemas algebraicos.	17	83	100
5	Confusión al trabajar con fracciones y números negativos.	18	82	100
6	dificultades al tratar de encontrar la regla general que permite resolver ecuaciones de primer grado y despejar variables.	11	89	100
<b>TOTAL</b>				<b>100</b>

##### A. Operación de suma

Para el proceso de ejecución de la actividad práctica, se le dieron varios ejercicios, que incluían sumas, expresiones cuadráticas, polinomios. La ecuación (1) describe un ejemplo del tipo de expresiones que se llevó a cabo en el proceso de aplicación de la estrategia, como se puede ver, se trata de un polinomio de grado de dos, también conocida como expresión cuadrática. Para este proceso el estudiante recibió 10 fichas de representación de  $x^2$ , 30 fichas de representación de  $x$ , 30 fichas de representación de la unidad (1), un tablero de separación de negativos y positivos.

$$(x^2 + 3x + 1) + (3x^2 - 2x - 3) = 4x^2 + x - 2 \quad (1)$$

La representación en bloques será lo que se observa en la fig. 2:



Fig. 2. Representación en bloques de la ecuación (1)  
Fuente: Propia..

Se puede observar que la didáctica con bloques permite una forma visual de representar las expresiones matemáticas. Se han utilizado los bloques de color rojo para la representación de elementos positivos, mientras que el verde se ha usado para las expresiones negativas. De manera que el estudiante puede seleccionar apropiadamente los bloques y ejecutar los procesos siguiendo las indicaciones dadas por el docente.

B. Operación de resta

En esta ocasión los estudiantes recibieron el mismo suministro de recursos para la actividad. La resta ejecutada se describe en la ecuación (2).

$$(-x^2 + 3x + 1) - (2x^2 + x - 5) = -3x^2 + 2x + 6 \quad (2)$$

Mientras que la estructura en bloques para este grupo se describe en la fig. 3.



Fig. 3. Representación en bloques de la ecuación (2)  
Fuente: Propia..

Para la realización de la actividad, los estudiantes deben comprender la asociación gráfica de los bloques con las expresiones matemáticas, tal que sea posible la ejecución de los procesos y la realización de la actividad de forma eficiente. En la fig. 4 se observa la evaluación final (pos-test) que obtuvieron los alumnos en los contenidos algebraicos que se trabajaron. Se muestra una marcada diferencia en muchos de los casos, en donde se refleja un avance en cuanto a la adquisición de conceptos algebraicos.

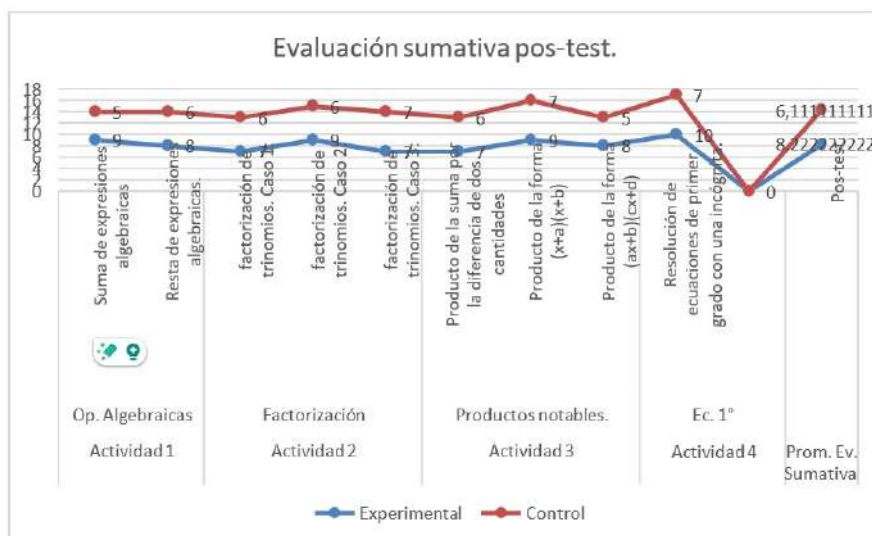


Fig. 4. Evaluaciones realizadas a los estudiantes.

Para continuar con el análisis de la información, se obtuvieron los estadísticos necesarios para llegar a el cálculo de probabilidad Chi cuadrado comprobar la veracidad del trabajo realizado.

Para evaluar la efectividad de la propuesta, se realizaron pruebas a los estudiantes con cálculo de tiempo, de manera que fue posible conocer si el método clásico ofrecía respuestas más eficientes en tiempo, que la propuesta, o, al contrario, si la propuesta optimizaba el tiempo de respuesta de los estudiantes. Para ello, se realizó un pre-test de evaluación diagnóstica al inicio del año y se aplicó un post-test de evaluación sumativa al final del programa. En la evaluación formativa, el grupo experimental tuvo una media de 7,8 puntos sobre 10, mientras que el grupo de control tuvo una media de 5,6 2 puntos sobre 10. En la evaluación sumativa, el grupo experimental tuvo una media de 8,2 puntos sobre 10, mientras que el grupo de control tuvo una media de 6,12 puntos sobre 10. La tabla 3 muestra los resultados de las evaluaciones formativa y sumativa de los dos grupos de control:

**Tabla 2.** Resultados de las evaluaciones realizadas.

<b>Grupos de estudio</b>	<b>Evaluación Formativa</b>	<b>Evaluación Sumativa</b>
<b>Control</b>	<b>5,6 puntos (60 minutos)</b>	<b>6,1 puntos (60 minutos)</b>
<b>Experimental</b>	<b>7,8 puntos (10 minutos)</b>	<b>8,2 puntos (10 minutos)</b>

Se pudo observar lo siguiente:

- Diferencias en el tiempo de evaluación: El grupo experimental realizó las pruebas en un tiempo significativamente menor que el grupo de control tanto en la evaluación formativa como en la sumativa. Este cambio en el tiempo afirma que la estrategia empleada ayuda a reducir los tiempos de razonamiento.
- Desempeño Promedio: En ambas evaluaciones (formativa y sumativa), el grupo experimental superó al grupo de control en términos de puntuación. Esto sugiere que, en promedio, el grupo experimental tuvo un desempeño mejor en ambas evaluaciones.
- Diferencias en la Evaluación Formativa y Sumativa: Ambos grupos experimentaron un aumento en la puntuación de la evaluación sumativa en comparación con la evaluación formativa, lo cual es un patrón común. Sin embargo, la magnitud del aumento en el grupo experimental parece ser mayor que en el grupo de control, indicando un posible beneficio adicional del método experimental.
- Impacto del Tiempo en el Grupo Experimental:

A pesar de que ambos grupos trabajaron el mismo contenido, el grupo de control, con clases tradicionales, requirió más tiempo para el procesamiento de la información, y además obtuvo menores calificaciones. Esto puede deberse a que el manejo de las herramientas didácticas motiva al razonamiento y la comprensión de los temas.

### A. Perspectivas futuras

La efectividad de Algeblocks y herramientas similares para enseñar álgebra depende de varios factores, incluyendo cómo se implementan en el aula, la calidad de la instrucción, y cómo se integran en el plan de estudios. Sin embargo, en general, hay evidencia y argumentos que respaldan el uso de manipulativos como Algeblocks para facilitar el aprendizaje de conceptos algebraicos. Algunas de las razones por las que los estudiantes podrían aprender bien con Algeblocks son:

- **Visualización y Concreción de Conceptos:** Los Algeblocks ofrecen una representación visual y concreta de los conceptos algebraicos abstractos. Esto puede ayudar a los estudiantes a visualizar las relaciones entre términos, entender las operaciones y conceptos algebraicos, y hacer que los problemas abstractos sean más tangibles. En los resultados encontrados se pudo ver que los estudiantes manipulaban con gran agilidad el concepto matemático asociado a las estructuras de bloques.
- **Manipulación Activa:** La manipulación activa de los Algeblocks implica la participación física de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. La investigación educativa sugiere que la manipulación activa puede fortalecer la comprensión y retención de conceptos. Los grupos de trabajo y el reconocimiento de colores para la manipulación de las cifras, fue crucial para la caracterización de las ecuaciones.
- **Aplicación Práctica:** El Algeblocks permite a los estudiantes aplicar conceptos algebraicos a situaciones concretas, como la formación de cuadrados o rectángulos. Esta aplicación práctica puede ayudar a los estudiantes a conectar la teoría con la práctica y mejorar la retención del conocimiento. Los resultados mostraron que los estudiantes podían retener los procesos de ejecución del cálculo y la formulación matemática.
- **Facilita la Resolución de Problemas:** Al trabajar con Algeblocks, los estudiantes pueden abordar problemas algebraicos de manera gradual y visualizar el proceso paso a paso. Esto puede facilitar la resolución de problemas y mejorar la comprensión de las estrategias para abordar situaciones matemáticas complejas. Se observó en los resultados que la asociación con los polinomios resultó más sencilla con los bloques, a pesar de que la formulación tradicional no estuvo mal, requirió de un tiempo mayor para su análisis y resolución.
- **Atiende a Diferentes Estilos de Aprendizaje:** Los Algeblocks ofrecen un enfoque práctico que puede ser beneficioso para estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje. Mientras algunos estudiantes aprenden mejor de manera visual, otros pueden beneficiarse de la manipulación física de los bloques. Para esto, las pruebas realizadas se realizaron considerando el color y la forma de los bloques, de manera que los estudiantes podían analizar de forma visual y manipulativa.

Sin embargo, es importante destacar que, aunque los Algeblocks pueden ser una herramienta valiosa, no son la única forma de enseñar álgebra. La diversidad de métodos y enfoques pedagógicos es esencial para adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes. Además, la formación adecuada de los educadores en cómo integrar efectivamente estas herramientas en el plan de estudios es crucial para maximizar su impacto.

## CONCLUSIONES

El material didáctico Algeblocks es una herramienta que permite representar y operar con expresiones algebraicas de una o varias variables, usando figuras geométricas planas o prismas cuadrangulares. Con este material, podemos concluir que:

El lenguaje algebraico se puede asociar con el lenguaje geométrico, usando el área y el perímetro de las figuras para representar los términos y las operaciones de los polinomios. Los productos notables, como el cuadrado de un binomio o la suma por la diferencia, se pueden visualizar y comprender mejor con los Algeblocks, ya que se forman cuadrados o rectángulos con las piezas correspondientes. La relación entre el lenguaje algebraico y el lenguaje geométrico es fundamental para comprender y visualizar conceptos matemáticos. Al asociar el álgebra con la geometría, se pueden utilizar propiedades y medidas de figuras geométricas para representar términos y operaciones algebraicas. Un ejemplo común de esta conexión es el uso del área y el perímetro de las figuras.

Cuando nos referimos a productos notables, como el cuadrado de un binomio o la suma por la diferencia, podemos visualizar estos conceptos de manera más tangible mediante herramientas como los Algeblocks. Los Algeblocks son una representación física de los términos algebraicos, utilizando bloques o piezas que se combinan para formar cuadrados o rectángulos. Por ejemplo, al explorar el cuadrado de un binomio, los Algeblocks permiten ver cómo se distribuyen los términos y cómo se obtienen los diferentes componentes del resultado. Esto facilita la comprensión visual de la regla del cuadrado de un binomio y proporciona una representación concreta que ayuda a los estudiantes a internalizar el concepto. En el caso de la suma por la diferencia, los Algeblocks también son útiles para ilustrar cómo se combinan y se cancelan términos en la expresión algebraica. Al ver la manipulación física de bloques, los estudiantes pueden entender de manera más clara cómo se desarrollan estas operaciones algebraicas específicas.

La conexión entre el lenguaje algebraico y el geométrico, respaldada por herramientas como los Algeblocks, no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también proporciona a los estudiantes una experiencia práctica y visual que facilita el aprendizaje de conceptos matemáticos abstractos. Esto contribuye a un enfoque más holístico y completo en la enseñanza de las matemáticas.

## REFERENCIAS

- [1] L. M. Elles y D. Gutiérrez, «Fortalecimiento de las matemáticas usando la gamificación como estrategias de enseñanza-aprendizaje a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación en educación básica secundaria. Revista de la Asociación,» Revista de la Asociación Interacción Persa del Ordenador, vol. 2, n° 1, pp. 7-16, 2021.
- [2] UNESCO, « Comunicado de la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior 2009: la nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo. París: Unesco,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/education/WCHE2009>. [Último acceso: 2023].
- [3] F. García, E. Rangel y N. Mera, «Gamificación en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática.» Telos: revista de estudios interdisciplinarios en ciencias sociales, vol. 22, n° 1, pp. 62-75, 2020.
- [4] Universidad de Playa Ancha, PERFIL PROFESIONAL DE EGRESO PEDAGOGÍA EN MATEMÁTICA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN, Valparaíso, Chile: Universidad de Playa Ancha, 2017.
- [5] C. Batanero, M. Gea, P. Arteaga y J. Contreras, «La estadística en la educación obligatoria: Análisis del currículo español,» Matemática, Educación e Internet, vol. 14, n° 2, pp. 1-14, marzo-agosto 2014.

- [6] L. Cadoche, «Las competencias docentes como objeto de análisis: Una experiencia para repensar las prácticas educativas en el aula de matemáticas» Acta latinoamericana de matemática educativa, 2018. [En línea]. Available: <http://funes.uniandes.edu.co/11815/1/Cadoche2016Las.pdf>. [Último acceso: 2023].
- [7] J. Pallares-Contreras y J. Pallares-Ruedas, «La gamificación y las TIC aliados para potenciar el aprendizaje de las matemáticas.» 2017.
- [8] G. d. Pino y S. Estrella, «Educación estadística: relaciones con la matemática.» Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana, vol. 49, nº 1, pp. 53-64, 2012.
- [9] J. Rodríguez-Santana, «Aprendiendo matemáticas con Classcraft: programación didáctica de la asignatura matemáticas para 1º de la ESO,» 2019.
- [10] H. G. Cachay Prado y R. Rojas-Parco, «Estrategias metodológicas para la Educación Ambiental de los estudiantes.» REV. Epistemia, vol. 5, nº 1, 2021.
- [11] K. Marcano Godoy, «Aplicación de un juego didáctico como estrategia pedagógica para la enseñanza de la estequiometría.» Revista de Investigación, vol. 39, nº 84, 2015.
- [12] M. Puertas, R. Gallego y R. Bravo, «Incorporación de estrategias de enseñanza centrada en el estudiante en el desarrollo de asignaturas técnicas con Aprendizaje Basado en Proyectos,» Universidad de Granada, España, 2022.
- [13] G. Salazar-Vallejo, C. Oritz-Leon y J. C. Maldonado-Vivanco, «Educación superior en pandemia: limitantes y estrategias metodológicas,» IEEE Xplore, pp. 175-187, 2022.
- [14] UNESCO, «Ingeniería para el desarrollo sostenible,» 2021. [En línea]. Available: <https://agenda2030lac.org/es/organizaciones/unescoingenieria-para-el-desarrollo-sostenible>.

## LOS AUTORES



**Leonardo Miguel Franco Yagual**, licenciado de ciencias de la educación mención Físico y Matemáticas, egresado del programa de maestría con trayectoria profesional pedagogía de las ciencias experimentales con mención en Matemática y Física, de la Universidad Técnica de Manabí.



**Alba Dolores Alay Giler**. Encargada de la formación continua del profesorado de Matemáticas: un análisis desde su relación con la práctica pedagógica. Coordinadora del programa de maestría con trayectoria profesional pedagogía de las ciencias experimentales con mención en Matemática y Física, de la Universidad Técnica de Manabí.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v2023iSpecial.146>

# Análisis socioeconómico en la cadena productiva del cacao en la Provincia Esmeraldas-Ecuador

Mena Pinzón Adriana Alexandra  
<https://orcid.org/0000-0003-0340-7781>  
amena3986@uta.edu.ec  
Facultad de Ciencias Administrativas  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador

Jiménez Castro Wilson Fernando  
<https://orcid.org/0000-0002-8717-1501>  
wf.jimenez@uta.edu.ec  
Facultad de Ciencias Administrativa  
Universidad Técnica de Ambato  
Desarrollo Territorial, Empresa e Innovación-DeTEI  
Ambato, Ecuador

Teneda Llerena William Fabián  
<https://orcid.org/0000-0003-2245-7717>  
wf.teneda@uta.edu.ec  
Facultad de Ciencias Administrativa  
Universidad Técnica de Ambato  
Desarrollo Territorial, Empresa e Innovación-DeTEI  
Ambato, Ecuador.

Recibido (27/08/2023), Aceptado (05/11/2023)

**Resumen:** La presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio socioeconómico en la cadena productiva del cacao en la provincia de Esmeraldas mediante un análisis descriptivo que va desde el año 2016 hasta el 2021, por medio de fuentes primarias de la base de datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). El estudio fue transversal, ya que se analizaron los datos de variables obtenidas en un periodo de tiempo específico, con la intención de fijar particularidades fundamentales como desviación estándar, curtosis y rangos. Para conocer detalladamente el precio y la producción del cacao se desarrollaron histogramas, series de tiempo y correlaciones para la obtención minuciosa de los datos y de este modo poder conocer el vínculo que existe entre las variables objeto de estudio.

**Palabras clave:** Análisis socioeconómico, cadena productiva, cacao.

Socioeconomic analysis of the cocoa production chain in Esmeraldas Province, Ecuador

**Abstract.-** This research aims to conduct a socioeconomic study of the cocoa production chain in the province of Esmeraldas through a descriptive analysis from 2016 to 2021, using primary sources from the Agricultural Public Information System (SIPA) database. According to the type of study, it was carried out in a cross-sectional manner since the data of variables obtained in a specific period of time were analyzed to establish fundamental particularities such as: standard deviation, kurtosis, and ranges. To determine the price and production of cocoa, it was developed through histograms, time series, and correlations to obtain detailed data and thus know the link between the variables under study.

**Keywords:** Socio-economic analysis, production chain, cocoa.



## I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie leñosa tropical originaria de América del Sur pero actualmente se cultiva en áreas tropicales húmedas de América Central y del Sur, Asia y África [1] Este es considerado uno de los cultivos perennes más importantes con una producción mundial estimada de 5,71 millones de toneladas en una superficie sembrada de 12,2 millones de ha en el 2020 y un rendimiento anual de 4.815,7 kg/ha [2].

El cacao es uno de los productos de mayor importancia económica en el Ecuador, puesto que para el 2010 el sector cacaotero tenía una participación del 11% en las exportaciones, haciendo necesario desarrollar medidas que impulsen tanto la productividad como la sustentabilidad del sector agropecuario [3].

Esta importancia se refleja en los niveles de producción, los cuales son los más altos del continente con 327.903 t durante el 2020, mientras que ocupa el segundo lugar en cuanto a nivel de superficie sembrada y rendimiento, ubicándose alrededor en 527 mil ha y 6.218 kg/ha, respectivamente (Tabla 1).

**Tabla. 1.** Niveles de producción, rendimiento y área sembrada de cacao en países de América durante el año 2020.

País	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie sembrada (ha)
Ecuador	327.903	6.218	527.347
Brasil	269.731	4.583	588.501
Perú	160.289	9.376	170.954
Colombia	63.416	3.367	188.371
México	29.429	5.022	58.598
Venezuela	20.000	3.842	52.050
Guatemala	12.608	2.714	4.644
Nicaragua	7.508	5.924	12.673
Bolivia	5.875	5.684	10.336
Panamá	1.000	1.181	8.468
Honduras	926	2.236	4.142
Costa Rica	800	1.292	6.194
Guyana	479	4.094	1.170
El Salvador	380	4.348	874
Belice	112	2.599	431
Surinam	5	311	161

**Tabla. 1.** Fuente: Adaptado de [2].

En Ecuador, el cacao fino y de aroma constituye un agro negocio desarrollado por pequeños productores (área de siembra menor a 10 hectáreas) miembros de unas 100 mil familias que contribuye con el 4,5% de la Población Económicamente Activa (PEA) y el 13.5% de la PEA agrícola, poniendo así en evidencia la importancia de este rubro y por ello, las instituciones gubernamentales impulsan desde el 2012 el Proyecto de Reactivación del Cacao Nacional Fino y de Aroma, con lo que se prevé que se exporten unas 300 mil t/año a partir del 2021, lo cual generaría unos 700 millones de dólares anuales [4].



Dado que en Ecuador la producción de cacao es considerada una de las actividades que generan más ingreso al país, puesto que aparte de los ingresos por concepto de exportación, también participa en la industria nacional a través de productos como cacao en polvo, la manteca, el licor (pasta de cacao), entre otros derivados [5], la realización de un análisis socioeconómico en la cadena productiva del cacao se hace necesario debido que existe un desconocimiento en esta área, y resulta importante conocer la incidencia directa e indirecta de dichos factores en el sector productivo, que afectan de manera significativa la comercialización del producto nacional e internacionalmente [6].

La cadena productiva del cacao se ha considerado como uno de los aportes más emblemáticos que tiene el país debido a su gran contribución económica, ya que es considerado como uno de los productos con mayor importancia a nivel nacional, esto gracias a su calidad y aroma. A lo largo de los años ha sido fuente de ingresos para muchas familias ecuatorianas que se dedican a esta labor [7].

El país ha consolidado este producto como un gran avance de comercialización y competencia, tanto a nivel nacional como a nivel mundial, que permite grandes fuentes de ingreso, facilitando también el desarrollo rural de los agricultores, tomando en cuenta sus diversos niveles de producción, en la cual la provincia de Los Ríos se considera como el mayor productor con una participación de 27,70%, seguido de la provincia del Guayas 23,94%, Manabí 14,84%, y Esmeraldas con un 12,14% según [8].

Se ha considerado la producción cacaotera del país como un recurso importante a nivel mundial debido a las características que este posee, tanto por su calidad, aroma y sabor que lo ha posicionado con ventajas competitivas en su crecimiento en el mercado internacional ya que se encuentra ubicado tercero en el ranking mundial con una participación del 6,8% [9]. Según la Organización Internacional del Cacao (ICCO) ha determinado que el 62% de cacao fino de aroma de Ecuador se exporta a nivel mundial, pese a los conflictos que se ha generado en Ucrania, se estima que los precios de los insumos agrícolas aumenten. Sin embargo, Ecuador prevé subir un 4% el número de sus exportaciones para el año 2022, con una cifra estimada de hasta 375.000 toneladas, permitiendo superar los 1000 millones de dólares, cifras alentadoras para los próximos años [10].

La producción del cacao fino de aroma en el Ecuador es próspera, gracias a la fertilidad que facilita el suelo ya que es rica y variada a su vez permite el crecimiento del desarrollo de las plantaciones agrícolas. En el país existen regiones que son más aptas para el cultivo de este producto debido a sus condiciones climáticas ya que por lo general la temperatura suele llegar entre los 25 a 30 grados centígrados, especialmente en zonas tropicales como la costa y el oriente. La región costa principalmente se ha caracterizado por la comercialización de productos agrícolas como son el cacao, café, banano entre otros, esto gracias a los nutrientes naturales que el suelo posee y a su vez las precipitaciones de agua que normalmente ocurre durante todo el año [11].

Así mismo se define un análisis socioeconómico como un instrumento en el cual tiene como finalidad detallar un estudio de la calidad de vida de las personas y la situación económica y social en que se encuentran, a su vez recolectando información que permita proyectar las condiciones de carácter social y cultural en las condiciones que habitan y a su vez contribuyendo con alternativas de solución que permitan un mejoramiento al desarrollo [12].

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el objetivo principal de la investigación es desarrollar un análisis socioeconómico en la cadena productiva del cacao en la provincia de esmeraldas para conocer la incidencia que tienen los factores socioeconómicos dentro de su proceso de producción. Para esto es importante realizar un diagnóstico de los factores socioeconómicos, así como de los productos semielaborados que intervienen en el proceso productivo. Además, se establecerá una matriz de resultados en base factores socioeconómicos y productos semielaborados que intervienen en el proceso productivo del cacao, mediante la definición de los factores que indiquen de manera directa e indirecta en el proceso productivo del cacao y poder examinar el vínculo que existe entre las variables objeto de estudio.

## II. DESARROLLO

El análisis socioeconómico es un método usado para determinar y evaluar las fortalezas y debilidades de una empresa o actividad económica que permitirá generar y diagnóstico integral de su desempeño financiero y así servir de línea de base para la toma de acciones correctivas [13]. Además, este tipo de estudios permite comprender, mediante herramientas de diagnóstico, el campo interno y externo en el cual se encuentra la organización que permitirá al empresario adoptar decisiones de una manera racional y facilitar las metas que haya fijado [14].

Por otro lado, los factores socioeconómicos se definen como el grado de circunstancias económicas y sociales en las que viven un grupo determinado de personas, y detallando en qué condiciones actuales viven a través de un análisis de un sector determinado, levantando información necesaria sobre su posición económica y social fundamentado en empleo, educación, vivienda, entre otros [15].

En la provincia de esmeraldas se puede analizar que los agricultores que proporcionan cacao a diferentes centros de acopio donde lo almacenan y compran directamente, son factores directos que intervienen en el proceso de comercialización, los pequeños productores del cacao son los encargados de toda la cadena productiva debido a sus técnicas de cuidado como son la prácticas de fertilización que permite el crecimiento uniforme de las plantas y la obtención de buenas cosechas que generan ingresos económicos para esta parte del sector rural. No obstante, también se puede mencionar que los productores no cuentan con un capital sustentable o financiamiento bancario que les permita poder invertir en insumos y materiales que ayuden a mejorar el rendimiento de sus cosechas [16].

## III. METODOLOGÍA

Se analizó el precio de la producción del cacao seco fino de aroma en precio productor y precio internacional por medio de un análisis descriptivo, como histogramas, series de tiempo, diagrama de bigotes, correlaciones, entre otras que va desde enero 2016 hasta diciembre del 2021 detallando los procesos de cada periodo con la finalidad de conocer a fondo los resultados.

Para analizar el proceso socioeconómico en la cadena productiva del cacao en la provincia de Esmeraldas se efectuó una matriz cuantitativa, donde detalla el proceso de producción enfocado en toneladas métricas y en dólares, en los que constan los factores socioeconómicos y los productos semielaborados, en la cual la variable dependiente fue el precio y las variables independientes son empleo, desempleo, subempleo, chocolate, pasta, grano, cascara, polvo, grasa y aceite, logrando una modelización que ayude a contribuir resultados favorables en el proceso de producción y mejorando la calidad de vida [17].

El estudio realizado es de enfoque descriptivo, para la obtención de resultados precisos y reales a través de herramientas de investigación que sirven para la recolección de datos con la finalidad de detallar la situación socioeconómica en la que actualmente se encuentran los productores agrícolas del sector cacaoero en la provincia de Esmeraldas, que ayuda al investigador a tener una idea más clara de la situación en la que se encuentran para la obtención de futuros análisis u objetivos. De acuerdo a la estructura empleada se realizó de manera transversal, ya que se analizaron los datos de variables obtenidas en un periodo de tiempo específico, con la intención de fijar particularidades fundamentales como: desviación estándar, curtosis y rangos.

#### IV. RESULTADOS

En el primer apartado del estudio se detallaron los precios tanto internacionales como del productor del cacao seco fino de aroma, en el segundo análisis se clasificaron en series de tiempo que nos sirven para detallar la evolución del precio en el transcurso de los 6 años de estudio, con un total de 72 observaciones; se dividió en dos etapas: pre pandemia que va desde enero 2016 hasta diciembre 2019 con un total de 48 datos y en pandemia que va desde enero 2020 hasta diciembre 2021 con 24 datos obtenidos, para la obtención de estos datos se recurrió a la base de datos INEC-SIPA.

**Tabla 2.** Precios del cacao seco fino de aroma.

	PRECIO PRODUCTOR		PRECIO INTERNACIONAL	
	PRE PANDEMIA	EN PANDEMIA	PRE PANDEMIA	EN PANDEMIA
N	48	24	48	24
MEDIA	90,24	96,04	239,23	236,64
DESVIACIÓN ESTANDAR	14,44	14,06	36,29	20,19
ASIMETRÍA	0,24	-1,44	0,80	1,00
CURTOSIS	-0,94	0,61	-0,62	0,61
RANGO	48,75	61,70	117,06	77,81
MÍNIMO	69,96	53,55	195,20	210,31
MÁXIMO	118,71	115,25	312,25	288,12

##### A. Precio del Productor de quintal

De acuerdo al análisis estudiado en base a los datos obtenidos de las fuentes primarias se obtuvo el siguiente resultado: el mayor valor del período de enero 2016 a diciembre 2021 en pre-pandemia fue de 118,71 dólares, mientras que el mínimo valor fue de 69,96 dólares por lo tanto se obtuvo un promedio mensual de 90,24 dólares correspondiente a quintales, por otra parte, se puede observar una desviación estándar de 14,44 dólares. La siguiente investigación nos detalla que del total de los datos estudiados refleja una asimetría de 0,24, es decir que tiene un sesgo positivo derecho, y un rango de 48,75 mientras que existe una escasa concentración de los datos analizados con relación a la media esto quiere decir un coeficiente de curtosis de -0,94.

Con relación al periodo de pandemia entre enero 2020 hasta diciembre 2021 se puede examinar de acuerdo a la tabla 1 el precio productor por quintal del cacao seco fino de aroma, representa una media de 96,04 dólares, al mismo tiempo se puede distinguir valor mínimo de 53,55 dólares mientras que el mayor valor es de 115,25 dólares, en cuanto la desviación estándar por quintal se logró 14,06 dólares en este período; con respecto al coeficiente de asimetría nos muestra un total de -1,44 que demuestra un sesgo negativo, a su vez se analizó un coeficiente de curtosis con un valor de 0,61 que existe una mínima reunión de datos alrededor de la media.

C. Contraste

Una vez analizadas las 72 observaciones de ambos periodos, pre pandemia y en pandemia de acuerdo a los precios por quintales del cacao seco fino de aroma se pudo detectar que el periodo que tuvo mayor relevancia está comprendido entre enero 2016 y diciembre 2019 que corresponde a pre pandemia en el cual generando un promedio mensual de 239,23 dólares; de igual manera se pudo analizar un coeficiente de asimetría de 0,80 que representa un sesgo positivo y una curtosis de -0,62 es decir una elevada agrupación de datos alrededor de la media.

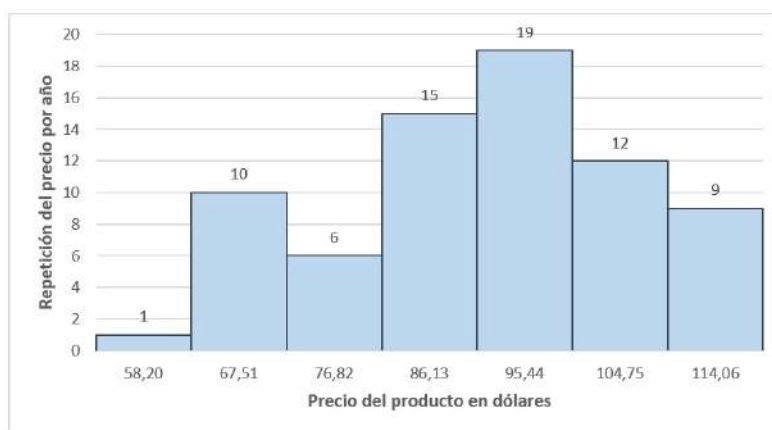


Fig. 1. Histograma de Frecuencias del Precio Productor.

Una vez analizada la investigación se pudo observar que a través del histograma de frecuencias, en el periodo 2016 a 2021 el precio productor demuestra que la mayor frecuencia es de 19, representando a la marca de clase con un valor de 95,44 dólares, es decir el precio que más veces se ha repetido en este periodo de tiempo, demostrando un intervalo que va desde 90,78 a 100,09, mientras que la menor frecuencia es de 1 con una marca de clase de 58,20 dólares siendo el precio que menos veces se repitió en el periodo estudiado con un intervalo que va desde 53,55 a 62,86 dólares.

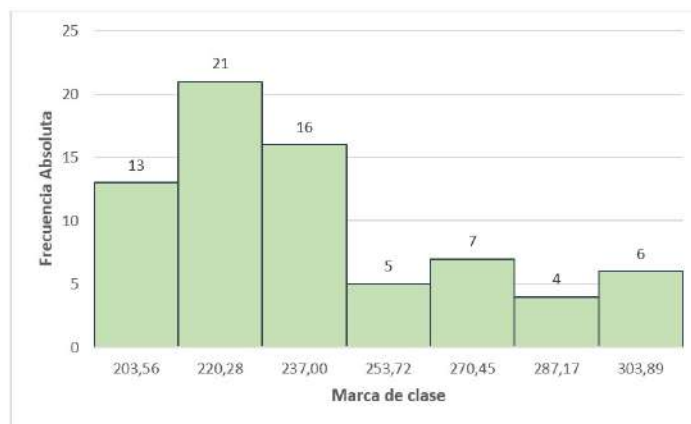


Fig. 2. Histograma de Frecuencias Precio Internacional 2016-2021.

De igual manera examinado el estudio de investigación se pudo observar que a través del histograma de frecuencias, en el periodo 2016 a 2021 el precio internacional demuestra que la mayor frecuencia es de 21, representando a la marca de clase con un valor de 220,28 dólares es decir el precio que más veces se ha repetido en este periodo de tiempo, demostrando un intervalo que va desde 211,92 a 228,64 mientras que la menor frecuencia es de 4 con una marca de clase de 287,17 siendo el precio que menos veces se repitió en el periodo estudiado con un intervalo que va desde 278,81 a 295,53 dólares.

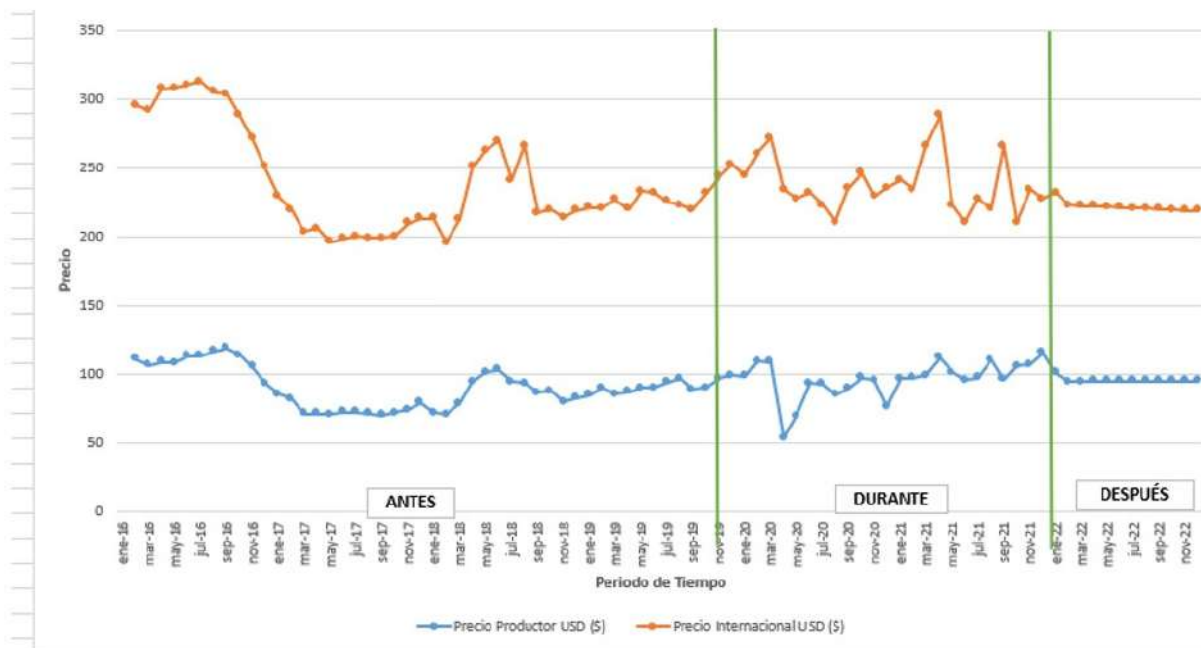


Fig. 3. Parámetros de caracterización de la muestra inicial de aceite vegetal.

De acuerdo al gráfico de serie de tiempo, nos refleja que el precio productor en el período pre pandemia que va desde enero 2016 a diciembre 2019 tuvo una caída de 70,92 dólares el quintal en marzo de 2017, así mismo se efectuó un estudio que en el periodo de enero 2020 a diciembre de 2021 su caída en el precio fue en abril 2020 de 53,55 dólares el valor del quintal, esto debido a la pandemia de Covid-19 que actualmente está atravesando la humanidad, a su vez se hizo una proyección en el tiempo hasta de enero a diciembre 2022 en la cual los datos se mantiene de manera constante alrededor del tiempo.

De igual manera se efectuó un análisis en el precio internacional, en el periodo de pre pandemia hubo valor de 195,197 dólares el quintal en febrero de 2018, así mismo se efectuó un estudio en el periodo de enero de 2020 a diciembre de 2021 con una caída en el precio en agosto 2020 de 210,213 dólares el valor del quintal, esto debido a la pandemia de COVID-19 que la humanidad tuvo que afrontar, a su vez se hizo una proyección en el tiempo que va desde enero hasta diciembre de 2022 en la cual los datos se mantienen de manera constante alrededor del tiempo.

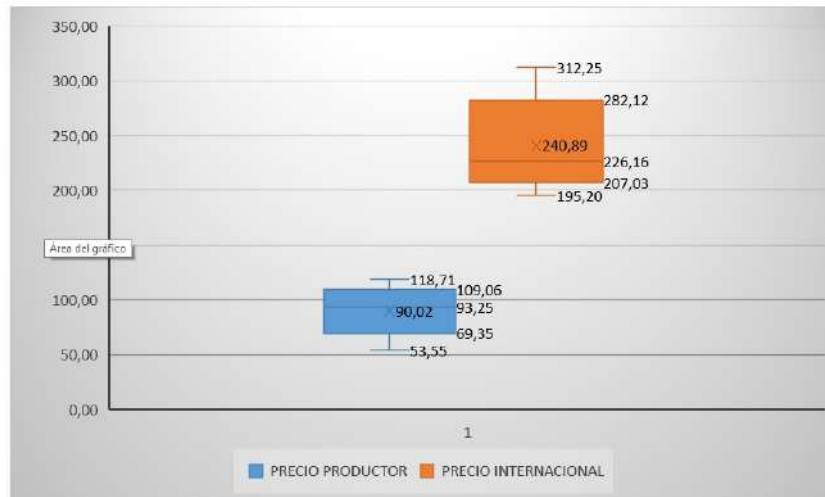


Fig. 4. Diagrama de Caja y Bigotes Precio Productor y Precio Internacional.

De acuerdo al diagrama de bigotes podemos observar que en el periodo 2016 a 2021 el precio productor de cacao aroma fino refleja un valor máximo de 118,71 dólares, mientras que el menor valor es de 53,55 con una mediana de 93,25 a su vez el cuartil uno inferior es de 69,35 mientras que el cuartil superior tres es de 109,06 dólares, es decir que estos datos demuestran la distancia del primer al tercer cuartil.

Así mismo se hizo el análisis del precio internacional donde el periodo 2016 a 2021 el precio de cacao aroma fino refleja un valor máximo de 312,25 dólares, mientras que el menor valor es de 195,20 con una mediana de 226,16 a su vez el cuartil uno inferior es de 207,03 mientras que el cuartil superior tres es de 282,12 dólares, es decir que estos datos demuestran la distancia del primer al tercer cuartil.

Tabla 3. Correlación del cacao seco fino de aroma precio productor en TM y dólares.

Correlación en Toneladas métricas (TM)	R <sup>2</sup>	Coe. Corr. Múltiple
$PR_{PROD} = 143,171 - 1,022*Gr + 0,067*Ch + 0,0119*Po - 0,055Pa + 0,173*GA - 0,017*Ca - 6,041*E + 1,022*DS - 18,225*SB$ (1)	0,73	0,89
Correlación en dólares		
$PR_{PROD} = 142,654 - 1,179*Gr + 8,298*Ch + 4,992*Po - 3,064Pa + 3,844*GA - 2,369*Ca - 5,087*E + 1,233*DS - 13,825*SB$ (2)	0,70	0,85

En la presente investigación realizada sobre el cacao fino de aroma se puede observar una correlación con respecto al precio productor en toneladas métricas y en dólares, en la cual se puede visualizar que la variable dependiente es el precio productor del cacao mientras que se optó como variables independientes al grano, chocolate, polvo, pasta, grasa y aceite, cascara, empleo, desempleo y subempleo. Estos datos dan como resultado un R<sup>2</sup> ajustado de 0,73 relacionado a toneladas métricas y a su vez 0,70 correspondiente a la correlación en dólares, lo que representa un alto grado de efectividad de las variables independientes al momento de explicar de manera conjunta la relación sobre la variable dependiente, por otra parte, el coeficiente de correlación múltiple es de 0,89 relacionado a la correlación de TM, mientras que un 0,85 enlazado a la correlación en dólares, es decir en ambos casos nos muestra una correlación positiva considerable entre las variables que están siendo objeto de estudio, dando a entender que si existe una relación entre el precio analizado, los factores socioeconómicos y productos semielaborados del cacao.

**Tabla 4.** Correlación del cacao seco fino de aroma precio internacional en TM y dólares.

<b>Correlación en Toneladas métricas (TM)</b>	$R^2$	Coe. Corr. Múltiple
$PR_{PROD} = 143,171 - 1,022*Gr + 0,067*Ch + 0,0119*Po - 0,055Pa + 0,173*GA - 0,017*Ca - 6,041*E + 1,022*DS - 18,225*SB$ (1)	0,73	0,89
<b>Correlación en dólares</b>		
$PR_{PROD} = 142,654 - 1,179*Gr + 8,298*Ch + 4,992*Po - 3,064Pa + 3,844*GA - 2,369*Ca - 5,087*E + 1,233*DS - 13,825*SB$ (2)	0,70	0,85

Se analizó sobre el cacao fino de aroma en donde se observa una correlación con respecto al precio internacional en toneladas métricas (TM) y en dólares, en la cual se puede visualizar que la variable dependiente es el precio internacional del cacao, mientras que se optó como variables independientes al grano, chocolate, polvo, pasta, grasa y aceite, cascara, empleo, desempleo y subempleo. Estos datos dan como resultado un  $R^2$  ajustado de 0,78 relacionado a toneladas métricas y a su vez 0,72 correspondiente a la correlación en dólares, lo que representa un alto grado de efectividad de las variables independientes al momento de explicar de manera conjunta la relación sobre la variable dependiente, por otra parte, el coeficiente de correlación múltiple es de 0,92 relacionado a la correlación de TM, mientras que un 0,88 enlazado a la correlación en dólares, es decir en ambos casos nos muestra una correlación positiva considerable entre las variables que están siendo objeto de estudio, dando a entender que si existe una relación entre el precio analizado, los factores socioeconómicos y productos semielaborados del cacao.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis socioeconómico que se efectuó en la provincia de esmeraldas con relación a la matriz de resultados obtenidos en base a factores socioeconómicos en el proceso productivo del cacao fino de aroma, se puede evidenciar que la comercialización del cacao en esa provincia se ve afectada por los escasos recursos de financiamiento que posee los agricultores para el rendimiento de la producción, y por lo tanto afectan de manera directa en el precio productor e internacional del cacao. Por otro lado, la investigación nos permitió conocer los factores que inciden de manera directa en el proceso productivo del cacao como son el grano, chocolate, polvo, pasta, grasa y aceite, cáscara, empleo, desempleo y subempleo, los cuales tienen un mayor impacto con relación a la producción de los pequeños y grandes productores del cacao, ocasionando una variación en el precio productor e internacional, mientras que los que impactan de manera indirecta son el licor y manteca, los cuales no son suficientemente valorables para intervenir en el proceso de producción y precios del cacao fino de aroma de la provincia de esmeraldas. Y Finalmente, una vez realizado el análisis estadístico según los resultados alcanzados en base a los precios productor e internacional con respecto a los factores socioeconómicos y productos semielaborados de la cadena productiva del cacao, se pudo determinar que existe una correlación alta significativa entre las dos variables objeto de estudio, mediante  $R^2$  ajustado y el coeficiente de la correlación múltiple, es decir que si existe un vínculo existente entre las variables analizadas.

La producción y comercialización del cacao a lo largo de los años se ha convertido en una gran fuente de ingresos para el país, pese a problemas económicos que ha dejado la pandemia de Covid-19 siendo una inestabilidad en sus ingresos, aun así, la cifra de estos últimos meses ha tenido un resultado alentador y se espera proyectar en los próximos años un crecimiento en sus cifras de producción que permitan el crecimiento económico del sector.

## REFERENCIAS

- [1] B. Famuwagun y O. Agele, «Cacao Growth and Development Under Different Nursery and Field Conditions. In P. Aikpokpodio (Ed.),» *Theobroma cacao - Deploying Science for Sustainability of Global Cocoa Economy* (In ), pp. 1-19, 2019.
- [2] FAO, « Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Datos de cultivos. FAOSTAT.» 2022. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- [3] M. Macancela, R. Cardenas y R. Armas, «Imperfection of strategies and economic impact of the cocoa sector.» A case study in the context of Ecuador, p. 7, 2018.
- [4] S. d. E. Agricultura, «Ministerio de Agricultura y Ganadería. MAGAP.» 2021. [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-impulsa-proyecto-de-reactivacion-del-cacao-fino-y-de-aroma/#:~:text=Está previsto que Ecuador exporte,700 millones de dólares anuales.&text=Aproximadamente 60 mil productores se,2012 y diciembre del 2021..>
- [5] ESPA, ESPO, «Estudios industriales: orientación estratégica para la toma de decisiones. Industria de Cacao.» Ecuador, 2016.
- [6] S. Solórzano y L. Balseca, «Comercio internacional: nuevas perspectivas de mercado para los productos derivados de cacao de la provincia de El Oro-Ecuador.» *Revista Científica Institucional Tzhoecoen*, vol. 9, p. 1-19., 2017.
- [7] A. García y B. Pico, «La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción.» *Novasinería*, vol. 6, 2021.
- [8] SIPA, «Sistema de Información Pública Agrpecuaria.» 2022. [En línea]. Available: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cacao>.
- [9] FAO, «Oraganización de la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.» 2022. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/faostat/es/#country/58>.
- [10] SIPA, «Sistema de Información Pública Agropecuaria.» 2021. [En línea]. Available: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cacao>.
- [11] Cushunchis, «Guía Práctica de las Principales labores del cacao.» Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, p. 40, 2017.
- [12] E. J. Ortiz, *Análisis socioeconómico de Venezuela*, vol. 28, Caracas Venezuela: UCAB Editorial, 2008, p. 12.
- [13] M. Nagaraju y M. Seelam, «Determinants of the Socio-Economic Status (SES),» *Literature Evidence. Think India*, 22(4), 10457-10478., vol. 2, 2019.
- [14] M. Córdoba Padilla, *Análisis Financiero*, Ecoe Ediciones., 2016.
- [15] I. Ramalinga, G. Ramirez, C. Raabe, G. Molina Chocano y S. Reuben, *Indicadores socioeconómicos para el desarrollo, Costa Rica: Flacso*, 2017.
- [16] M. Cuchunchic, «Guía Práctica del cultivo del cacao.» Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, p. 48, 2010.
- [17] INEC, «Resultados del Censo Ecuador.» Fascículo Provincial Esmeraldas, p. 8, 2010.



## LOS AUTORES



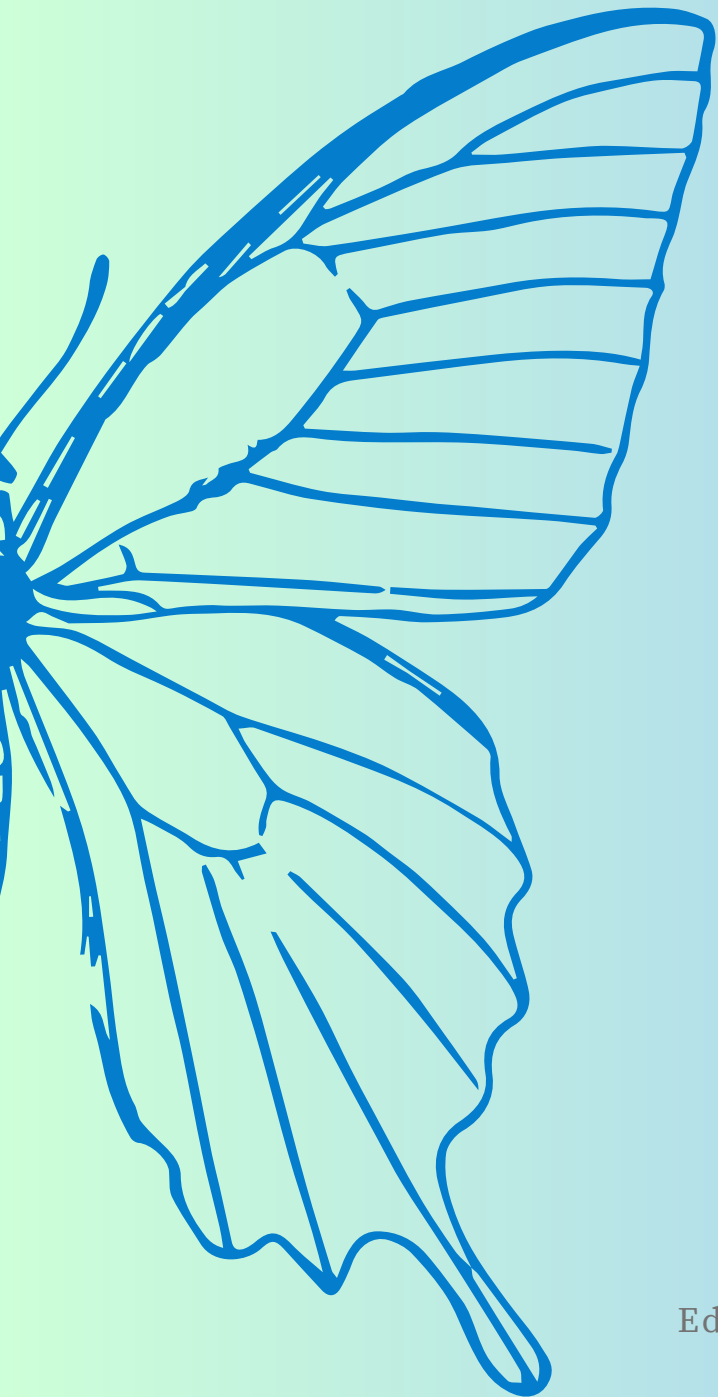
**Adriana Alexandra Mena Pinzón** es Bachiller Técnico-Polivalente en Contabilidad y Administración. Estudiante universitaria de la carrera de Organización de Empresas, Facultad de Ciencias Administrativas en la Universidad Técnica de Ambato, por graduarme como ingeniera de empresas.



**Wilson Fernando Jiménez Castro**, Doctorado de “Ciencias Sociales, mención Gerencia” por la universidad del Zulia, Venezuela. Es Magister en Administración y Marketing. Cursando Máster Universitario en Evaluación de la Calidad y Procesos de Certificación en Educación Superior. Ingeniero Industrial, Docente de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Asignado a la Dirección de Gestión de Calidad de la UTA Áreas de interés para la revisión de artículos: Administración de Empresas, Ciencias Sociales, Seguridad. Sistemas de Gestión de Calidad, Auditorías de Calidad.



**William Fabián Teneda Llerena**. Es Ingeniero en Alimentos. Posee Maestrías en Gestión Estratégica Empresarial y Estadística; además es Doctor en Proyectos de Investigación. Es Docente investigador desde 1996 en la Universidad Técnica de Ambato y Autor de libros y artículos de investigación en revistas nacionales e internacionales. Consultor y experto en las cadenas productivas de frutas, café y cacao desde 1993.



Edited by:

