

OCTOBER-DICEMBER ISSUE/2024

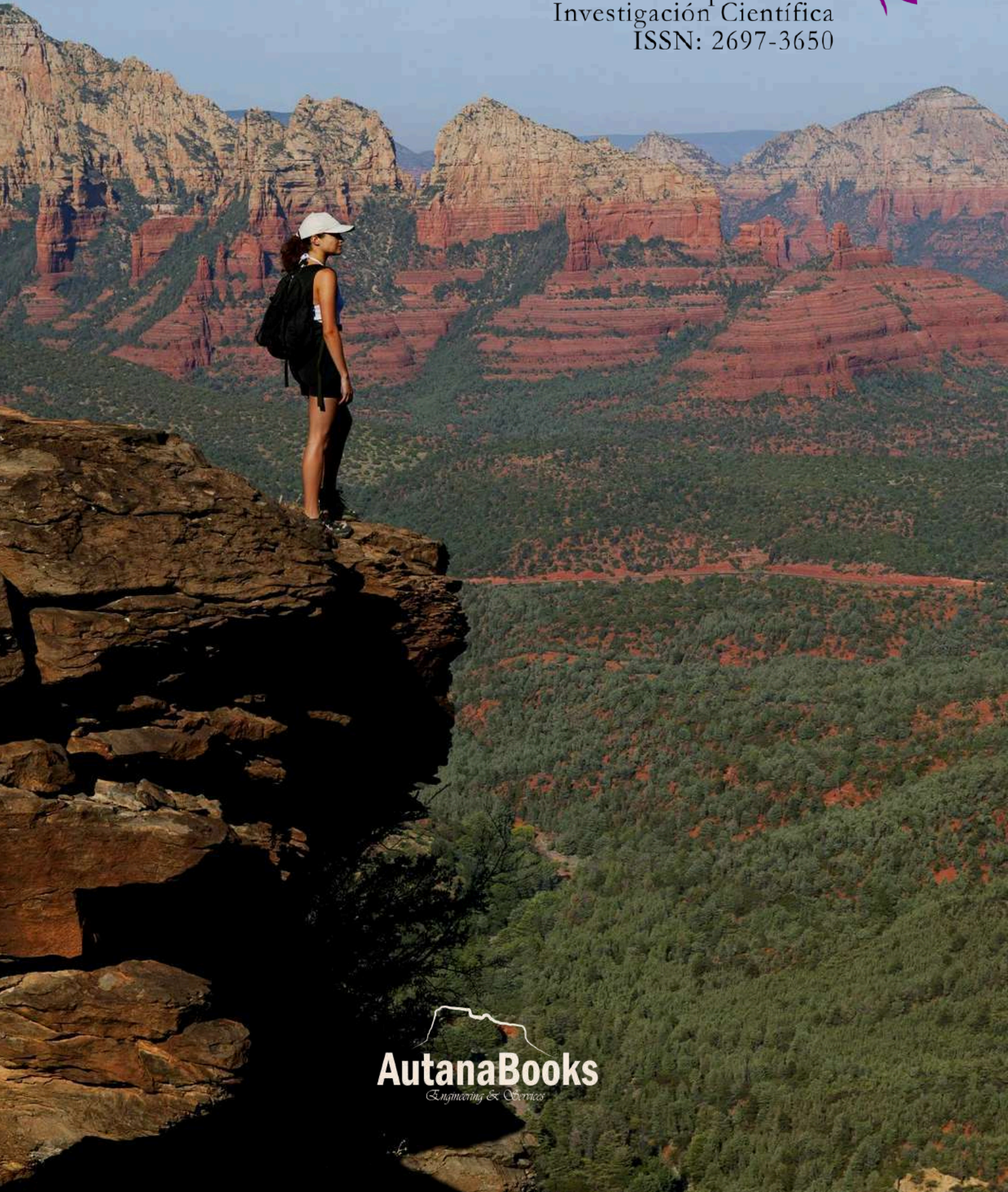
DOI: 10.47460/MINERVA.V4114

MINERVA



Revista Multidisciplinaria de
Investigación Científica

ISSN: 2697-3650



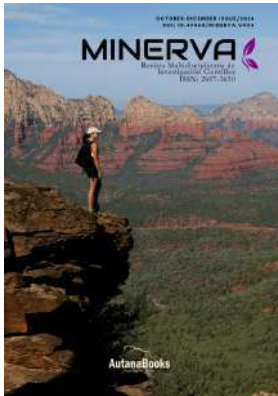
AutanaBooks
Engineering & Services

MINERVA JOURNAL

Electronic journal edited by AutanaBooks.

Continuous periodicity

Our cover:



Font: canva.com
licence: 03422-17578080

Volume 5 ISSUE 15//
OCT-DIC
DOI:10.47460/minerva
ISSN: 2697-3650

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"

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

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

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
Flores, 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 Yandry Adrián Santamaría Zambrano, Víctor Andrés Segovia Quiñonez, Segundo Alcides García Muentes , Virginia Annabelt Sánchez Mendoza. **Remoción de cromo y cobre en muestras de aguas sintéticas utilizando cáscaras de maracuyá.**
- 22 Kevin García Pérez, Oscar Apolinario Arzube. **Estrategias proactivas para mitigar los riesgos emergentes de ciberseguridad en dispositivos IoT para hogares inteligentes.**
- 32 Luis Franklin Casa Chancusig, José Efrén Barbosa Galarza, Carlos Iván Quinatoa Caiza. **Estudio y simulación de la coordinación de protecciones eléctricas.**
- 42 Jaqueline Llive, Dilia Camacho. **Enfoques actuales del aprendizaje significativo que complementan la construcción del conocimiento en el proceso de la comprensión lectora.**
- 53 María José Muñoz Vásconez, Wilson Fernando Jiménez Castro. **Análisis del retorno a la presencialidad del personal docente y administrativo dentro de la Facultad de Ciencias Administrativas.**
- 64 Michelle Cevallos, Natasha Santana, Ramón Cevallos, Felipe Jadán. **Efectos de las anomalías climáticas en el modelo de interacción suelo-atmósfera y su convergencia con los modelos climáticos convencionales.**
- 75 Gisela Yupangui, Eulalia Analuisa. **El parto humanizado: aportes desde la sociología.**
- 83 Mara Girón, Oscar Dam. **Efectos de las anomalías climáticas en el modelo de interacción suelo-atmósfera y su convergencia con los modelos climáticos convencionales.**
- 95 Alex Mauricio Alvarez Zurita, Dilia Camacho, Eduardo Simón Velasco Pullupaxi, Carlos Alberto Andocilla Andrade. **Propuesta metodológica para la implementación de la Educación Emancipadora en el Ecuador.**
- 108 Fernando Acosta, Erica Caiza, Roberto Veloz. **La economía violeta y el desarrollo económico de grupos vulnerables en el Ecuador.**



Editorial

Editorial: Scientific Knowledge in Service of Sustainability

In this issue of MINERVA, we present a journey through research addressing crucial challenges of our time, where science merges with sustainability and social innovation. We begin with a promising proposal for environmental remediation using passion fruit peels to remove heavy metals from contaminated waters, exemplifying how agricultural waste can be transformed into ecological protection tools. In the technological domain, we explore proactive strategies against emerging cybersecurity risks in smart homes, complemented by a rigorous study on coordinating electrical protections, both fundamental for resilient infrastructures. Education occupies a prominent place with research on meaningful learning in reading comprehension and an analysis of the return to face-to-face teaching in administrative sciences, followed by a methodological proposal for implementing emancipatory education in Ecuador. Our commitment to public health is reflected in the study of the residual effects of glyphosate in food and a sociological reflection on humanized childbirth, contemplating both technical and human dimensions of well-being. Climate change is addressed through the analysis of climatic anomalies in soil-atmosphere interaction, while the violet economy closes this edition with a look at its impact on the development of vulnerable groups in Ecuador. MINERVA thus reaffirms its multidisciplinary vocation, interweaving environmental sciences, technology, education, health, and social economics to offer comprehensive responses to complex contemporary challenges. We invite our readers to immerse themselves in these pages where scientific research becomes a bridge between knowledge and the sustainable solutions that our planet and society demand.

Furthermore, research into determinants of non-attendance to medical appointments, thyroid dysfunction's impact on lipid levels, and the operational reliability of electrical systems exemplifies how focused scientific efforts can lead to significant improvements in public health and infrastructure. Entrepreneurship fairs, meanwhile, highlight the importance of experiential learning and networking as drivers of economic innovation. These studies contribute to a larger framework that values interdisciplinary learning and application. As we continue to support and publish such diverse research, we acknowledge the interconnected nature of knowledge and its potential to catalyze progress across sectors.

Franyelit Suárez, Ph. D.
Publisher

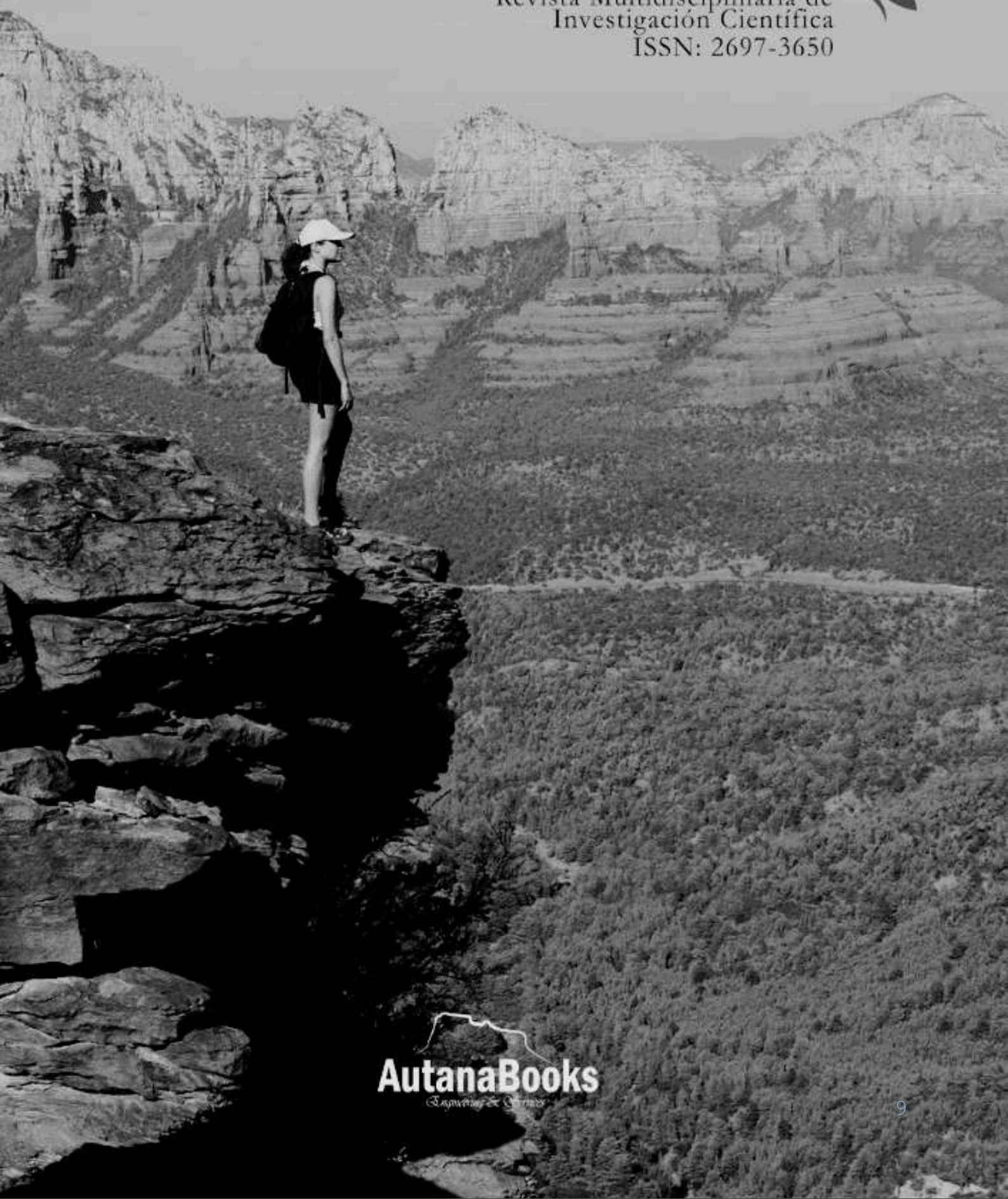


OCTOBER-DICEMBER ISSUE/2024
DOI: 10.47460/MINERVA.V4114

MINERVA



Revista Multidisciplinaria de
Investigación Científica
ISSN: 2697-3650




AutanaBooks
Caminando por la Ciencia

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.170>

Remoción de cromo y cobre en muestras de aguas sintéticas utilizando cáscaras de maracuyá

Yandry Adrián Santamaría Zambrano
<https://orcid.org/0009-0008-5902-0029>
ysantamaria7286@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Víctor Andrés Segovia Quiñonez
<https://orcid.org/0009-0003-9136-0166>
vsegovia6054@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Segundo Alcides García Muentes
<https://orcid.org/0000-0002-8152-3406>
segundo.garcia@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Virginia Annabelt Sánchez Mendoza
<https://orcid.org/0000-0001-6366-9084>
virginia.sanchez@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Ariana Milena García Bowen
<https://orcid.org/0000-0001-6893-0843>
arianag331@gmail.com
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Autor de correspondencia: ysantamaria7286@utm.edu.ec

Recibido (05/05/2024), Aceptado (02/09/2024)

Resumen: En este trabajo se usó la cáscara de maracuyá modificada, como biomasa para la remoción de cromo y cobre presente en las aguas. Se consideraron como factores experimentales el pH, el tiempo de contacto y la granulometría. Como constantes se consideraron la velocidad de agitación, la dosificación y la temperatura. Los resultados mostraron la disminución del cromo en un 69 % usando una composición con pH 4, 90 min y 300 μm . Mientras que para el cobre se logró remover un 74,4 % a pH 4, con 120 min y 300 μm , partiendo de concentraciones iniciales para ambos metales de 30 ppm. Los resultados mostraron que la cáscara de maracuyá es un potencial como agente de remoción efectivo para el cromo y el cobre en aguas sintéticas. Esto respalda su posible aplicación en la purificación de aguas contaminadas por metales, lo que podría contribuir a la protección del medio ambiente.

Palabras clave: remoción, metales pesados, cáscara de maracuyá, cromo, cobre.

Removal of chromium and copper from synthetic water samples using passion fruit peels

Abstract.- In this work, modified passion fruit husk was used as biomass for the removal of chromium and copper present in the waters. PH, contact time, and particle size were considered experimental factors. Stirring speed, dosage, and temperature were considered constants. The results showed a 69% decrease in chromium using a pH 4, 90 min, and 300 μm composition. For copper, 74.4% was removed at pH 4, with 120 min and 300 μm , based on initial concentrations of 30 ppm for both metals. The results showed that passion fruit peel is a potential effective removal agent for chromium and copper in synthetic waters. This supports its possible application in the purification of metal-contaminated water, which could contribute to environmental protection.

Keywords: removal, heavy metals, passion fruit shell, chromium, copper.



I. INTRODUCCIÓN

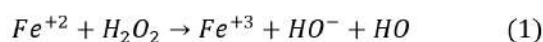
En la actualidad la contaminación del ambiente es considerada como uno de los problemas más preocupantes para los seres vivos, pues el acelerado ritmo en la pérdida de suelos aptos para el cultivo y contaminación de los cuerpos de aguas han sido provocados principalmente por el mal manejo de los residuos sólidos [1]. Otro factor contaminante frecuente en los efluentes y suelos, es la presencia de metales pesados como lo son el mercurio (Hg), el cadmio (Cd), el cromo (Cr), el arsénico (As), el plomo (Pb) y el níquel (Ni), que ocasionan altos grados de contaminación y dificultan su tratamiento [3]. Estos metales engloban uno de los grupos más peligrosos, ya que se caracterizan por su baja biodegradabilidad, alta toxicidad a bajas concentraciones y su capacidad de acumulación dentro de los organismos.

El cobre es un metal ampliamente utilizado; existiendo muchas fuentes potenciales de contaminación, las cuales van desde la minería y fundición hasta la industria de agroquímicos. Pese a que el cobre es un nutriente esencial en pequeñas cantidades, es tóxico en dosis altas (>5 mg/l) pudiendo provocar irritación estomacal e intestinal, daños hepáticos, renales y anemia[4]. Con respecto al cromo, este en estado trivalente es esencial para los seres humanos, promoviendo la acción de la insulina [5]. Mientras que sus derivados hexavalentes (cromatos y dicromatos), en altas concentraciones producen disminución en la incorporación de calcio, potasio, hierro, manganeso y fósforo [6]. Ante las problemáticas, algunas investigaciones proponen la remoción de metales pesados utilizando residuos de origen orgánico, como una alternativa prometedora para el tratamiento de aguas industriales, ya que logran remover grandes porcentajes de iones metálicos, usando las capacidades lignocelulósicas de la biomasa. Algunos autores [7], sugieren el uso de la cascara de maracuyá como una alternativa para la remoción de metales pesados, dado que el procesamiento agroindustrial de esta fruta genera gran cantidad de residuos, de la cual se destina una mínima cantidad para la elaboración de abonos y lo demás es enviado a rellenos sanitarios [8].

Generalmente las aguas provenientes de las industrias pueden ser tratadas eficazmente por métodos químicos convencionales, tratamientos biológicos y/o procesos de adsorción[9]. Sin embargo, en ocasiones dichos procedimientos resultan inadecuados, permitiendo que se excedan los valores límites de descargas a cuerpos de agua dulce establecidos en la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes [10]. En estos casos, se recurre al uso de los llamados procesos de oxidación avanzada (POA), mismos que pueden aplicarse a la remediación y detoxificación de dichos cuerpos de aguas. Estos métodos pueden realizarse solos o combinados con procesos convencionales [9].

II. DESARROLLO

Existen numerosas investigaciones sobre el uso de POA para el tratamiento de aguas residuales. En donde, las relacionadas con el proceso de oxidación tipo Fenton llaman la atención; según [11], por su efectividad para la descontaminación de aguas residuales procedentes de varias industrias. El proceso Fenton consiste en la adición de sales de hierro () en presencia de peróxido de hidrógeno (), en medio ácido, dando como resultado la formación de radicales °OH como se muestra en la ecuación (1), siendo una de las técnicas más populares debido a su fuerte potencial de oxidación y su alta eficiencia en la degradación de una amplia gama de contaminantes a concentraciones elevadas [12], [13].



La reacción de Fenton según la literatura científica es utilizada, en la degradación de materia orgánica, remoción de contaminantes inorgánicos y mejora de procesos biológicos, como: el tratamiento de aguas residuales con polifenoles [14], degradación de oxitetraciclina [15], tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios [16], eliminación de trazas de metales [17], adsorción de 2-nitrofenol en biomasa de piña [18]; considerando sus propiedades oxidantes la reacción de Fenton también puede ser aplicada en la remoción de metales con material de origen orgánico, como lo son los desechos agroindustriales mediante el enriquecimiento del material lignocelulósico (cáscara); aumentando así la capacidad de remoción [19], [20]. Por lo tanto, combinando la capacidad adsorbente de los residuos orgánicos y el proceso Fenton se podría promover resultados mucho más favorables que las técnicas aisladas.

III. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y descriptivo, lo que permitió comprender los diversos feEl desarrollo experimental de este trabajo inició con la obtención y tratamiento de la cáscara de maracuyá (figura 1) y la preparación de las muestras de aguas sintéticas que contienen los iones metálicos de cromo y cobre.

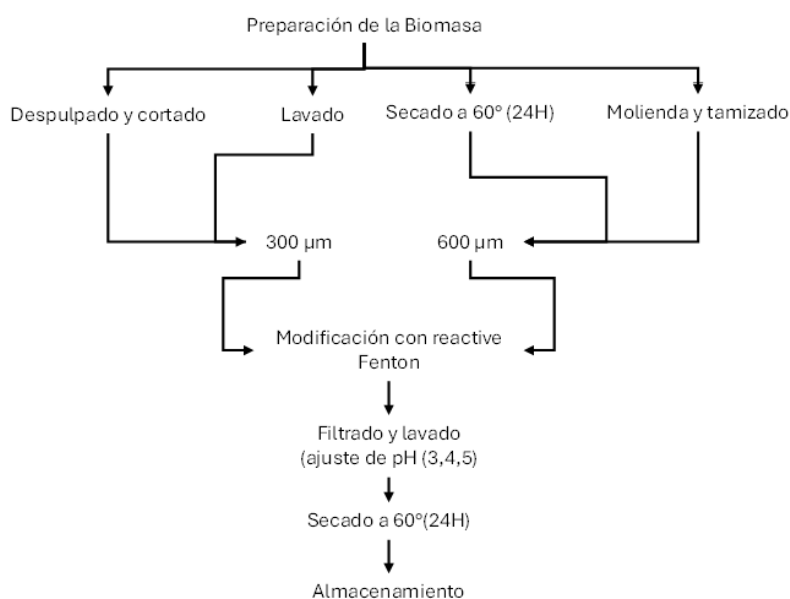


Fig 1. Proceso de preparación de la cáscara de maracuyá modificada con reactivo Fenton para la retención de Cr (VI) y Cu (II).
Fuente: Elaboración propia.

A. Preparación de biomasa

Como materia prima se utilizó el fruto de maracuyá, recolectada en el mejor estado posible para posteriormente ser sometida a los siguientes tratamientos fisicoquímicos:

- **Despulpado y cortado:** el pretratamiento de la cáscara comienza eliminando el endocarpio (pulpa) y semillas de la fruta, para luego comenzar el proceso de cortado del mesocarpio (cáscara), en trozos de alrededor de 1cm x 1cm.
- **Lavado:** el lavado se realizó en 3 ciclos con agua destilada para eliminar las trazas de pulpa, azúcares reductores y suciedad que puedan intervenir en el proceso de remoción de los metales.
- **Secado:** para este proceso se ingresó la cáscara de maracuyá a una estufa de secado (Thermo Scientific™) durante un periodo de 24 horas a una temperatura de 60°C.

- Molienda y Tamizado: a continuación, el tamaño de la cáscara de maracuyá es reducido, mediante un molino pulverizador (High-Speed Multi-function Comminutor 1000A), durante 2 min; la clasificación, se llevó a cabo con tamices, obteniendo granulometrías de 300 y 600 μm [4].
- Modificación con Fenton: se colocó sobre una plancha (Thermo Scientific™), un beaker con 1000 ml de agua destilada, hasta alcanzar los 60°C, se añadieron 0,5 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 ml H_2SO_4 , 2,6 ml de H_2O_2 y se llevó a una agitación de 260 rpm por 5 min. Concurrido este tiempo, se añadieron 50 g de cáscara de maracuyá y se mantuvo en la plancha de agitación por 1 h bajo las mismas condiciones.
- Ajuste de pH: finalizado el tiempo de modificación de la cáscara de maracuyá, se llevó a ciclos de filtrados y lavados constantes con agua destilada hasta obtener pH 3, 4 y 5.
- Secado: la biomasa es llevada nuevamente a la estufa durante 24 horas, a temperatura de 60 °C.
- Almacenamiento: transcurrido el tiempo de secado, la cáscara de maracuyá modificada con Fenton es finalmente colocada en envases herméticos rotulados respectivamente [21].

B. Caracterización de la biomasa

Se procedió a caracterizar la biomasa, antes y después de la modificación con el reactivo Fenton, determinando los grupos funcionales presentes, encargados de la retención y/o remoción de los iones de Cr (VI) y Cu (II), mediante un análisis FTIR (Espectroscopía de Infrarrojo con transformada de Fourier). Además, se determinó el porcentaje de cenizas y humedad con ayuda de una mufla (Thermolyne - FB1410M - Thermo Scientific™) y termobalanza (BOECO Germany BMA I50).

C. Preparación de soluciones madres y curvas de calibración.

Se prepararon soluciones madres de Cr (VI) y Cu (II) a 1000 ppm cada una, usando como reactivos base el cromato de potasio (K_2CrO_4) y sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Las curvas de calibración se realizaron por dilución de las soluciones madres a las concentraciones deseadas y específicas para cada metal descrito en la Tabla 1. En el caso del cromo la curva de calibración se elaboró en un rango de 0 – 3 mg/l-1, bajo el método colorimétrico de la difenilcarbazida descrito por APHA [22]. Mientras que, para el cobre, se trabajó en un rango de concentración de 0 – 5 mg/l-1 con el método del bicinconinato aprobado por United States Environmental Protection Agency [23].

Tabla 1. Condiciones analíticas y coeficientes de correlación de las curvas de calibración (UV/VIS).

Metal	Longitud de onda (nm)	Coefficiente de correlación (R2)	Rango de concentración
Cr	540	0,990	0 – 3 mg/l ⁻¹
Cu	560	0,999	0 – 5 mg/l ⁻¹

Fuente: Elaboración propia.

Adicional a esto se utilizaron checkers de la marca HANNA: HI749 Checker®HC (Chromium VI HR-HANNA) para el cromo, y en el caso del cobre HI702 Checker®HC (Copper HR-HANNA), como pruebas rápidas, para verificar que las concentraciones de las diluciones realizadas para los estándares de las curvas de calibración sean las correctas.

D. Ensayos de remoción

Las muestras se prepararon por dilución a una concentración de 30 ppm para cada metal, partiendo de las soluciones madres de K_2CrO_4 y $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (1000 ppm). Los experimentos de remoción se realizaron bajo las condiciones de operación que se muestran en la Tabla 2. Para ello se pesaron 10g de CMF, a 300 y 600 μm , de los pH 3, 4 y 5 y se colocaron en contacto con 1000 ml de la solución (muestras de agua sintética), este procedimiento se realizó a tiempos de 30, 60, 90 y 120 min para cada metal, cada experimentación se realizó por triplicado.

Tabla 2. Condiciones experimentales para pruebas de remoción.

Especie	C ₀ (ppm)	pH	Dosificación de CM (g/L)	Agitación (rpm)	Granulometría (μ m)	Tiempo de contacto (min)
Cr	30	3	10	260	300 600	30
		4				60
		5				90
						120
Cu	30	3	10	260	300 600	30
		4				60
		5				90
						120

Fuente: Elaboración propia.

Para los análisis de la concentración final de los metales en el espectrofotómetro, se realizaron diluciones, tomando 2,5 ml de las muestras tras el proceso de remoción, enrasando con agua destilada hasta 25 ml; con el propósito de obtener lecturas que se encuentren en rango de concentración de las curvas realizadas y añadiendo el reactivo color para cada metal, según los métodos colorimétricos de la difenilcarbazida y del bicinconinato citados anteriormente; realizando las lecturas en el espectrofotómetro UV-Visible a longitudes de onda de 540 y 560 nm para el Cromo (VI) y Cobre (II) respectivamente.

IV. RESULTADOS

A. Caracterización del bioadsorbente.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de humedad y cenizas realizados a la biomasa, se obtuvo un porcentaje de cenizas bajo (8,71%), el cual resulta efectivo en la remoción debido a que altas cantidades de impurezas interfieren en el proceso de remoción, mientras que el porcentaje de humedad es de 9,83%.

Tabla 3. Caracterización del bioadsorbente.

Parámetros	Autores	Otros estudios	Fuente
% Humedad	9,83	12,5	[24]
		12,22	[25]
% Cenizas	8,71	10,46	[26]
		8,57	[27]

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 3, los resultados obtenidos en la determinación de humedad y cenizas son favorables y similares a los resultados presentados por otros autores, garantizando una correcta calidad y vida útil del bioadsorbente evitando la proliferación de bacterias y/o rápida degradación. Para la determinación de los grupos funcionales involucrados en la remoción, se utilizó la técnica de espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). En la Figura 2 se muestran los resultados.

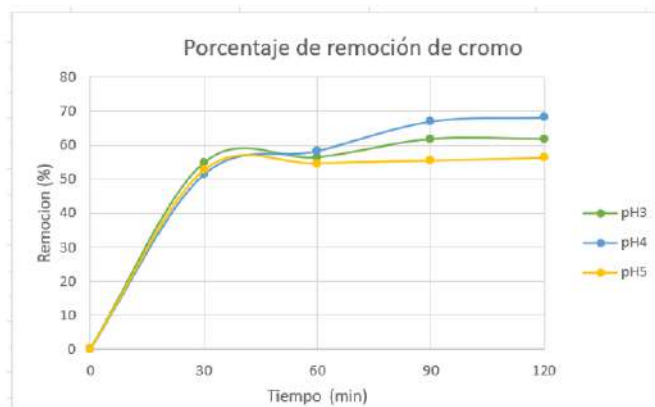


Fig 2. Porcentaje de remoción de cromo para diferentes valores de pH y 600 μm .

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que en la Figura 3 se observan los porcentajes para 300 μm . Se presenta una relación entre el tiempo en minutos y el porcentaje de remoción de cromo, comparando tres diferentes niveles de pH: 3, 4 y 5. En el eje horizontal se muestra el tiempo transcurrido desde el inicio del proceso hasta los 120 minutos, mientras que en el eje vertical se representa el porcentaje de cromo removido, que va de 0% a 80%. Durante los primeros 30 minutos, todas las curvas –representando pH 3, pH 4 y pH 5– exhiben un aumento rápido en el porcentaje de remoción de cromo. Alrededor del minuto 30, todas las curvas alcanzan aproximadamente un 50% de remoción de cromo, indicando que la fase inicial del proceso es muy efectiva en la eliminación del contaminante. A partir de los 30 minutos, las curvas empiezan a estabilizarse, aunque no de manera idéntica. Para el pH 3 y pH 5, la remoción de cromo parece estabilizarse justo por debajo del 60%. En contraste, para el pH 4, la curva sigue incrementándose lentamente hasta estabilizarse cerca del 70%. Este comportamiento sugiere que, aunque el aumento rápido inicial es común a todos los niveles de pH, la eficacia sostenida del proceso varía según el pH.

Comparando los tres niveles de pH, es evidente que el pH 4 es el más efectivo para la remoción de cromo a lo largo del período estudiado, alcanzando un porcentaje de remoción de aproximadamente el 70% al final de los 120 minutos. En cambio, tanto el pH 3 como el pH 5 muestran un comportamiento similar, con una remoción que se estabiliza en torno al 60%.

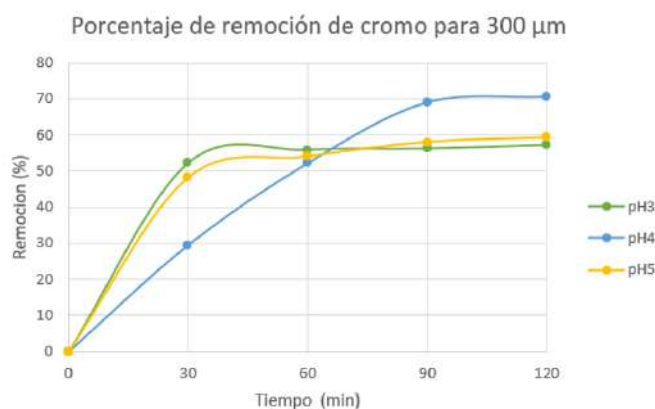


Fig 3. Porcentaje de remoción de cromo para diferentes valores de pH y 300 μm .

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se aprecia el espectro de la cáscara de maracuyá obtenido mediante FTIR, donde se evidencian varios picos que están comprendidos entre 4000 y 1500 cm^{-1} , rango que corresponde al de los grupos funcionales [28], identificando un pico pronunciado a 3323 cm^{-1} , que indica la presencia de grupos hidroxilos libres (-OH), los cuales están presentes en la superficie de la hemicelulosa, celulosa, lignina y pectina [29]. Entre los 3000 y 2800 cm^{-1} , aparecen bandas ligadas al enlace de estiramiento (C-H), por lo cual se interpreta que el pico de 2925 cm^{-1} , está asociado a la presencia de grupos metilo presentes en la mayoría de los compuestos orgánicos [30]. Los picos de 1597 y 1733 cm^{-1} , pueden estar asociados a uniones dobles como (C=C, C=N, C=O) que están presentes en los grupos carboxilo (COOH) y acetilo (COOCH₃) de la lignina, hemicelulosa y pectina [31]. Y los picos de entre 500 y 1500, son resultado de varios tipos de vibraciones de enlace, a este rango se le conoce como "huella digital" de carbohidratos, como se puede evidenciar en la figura 4.

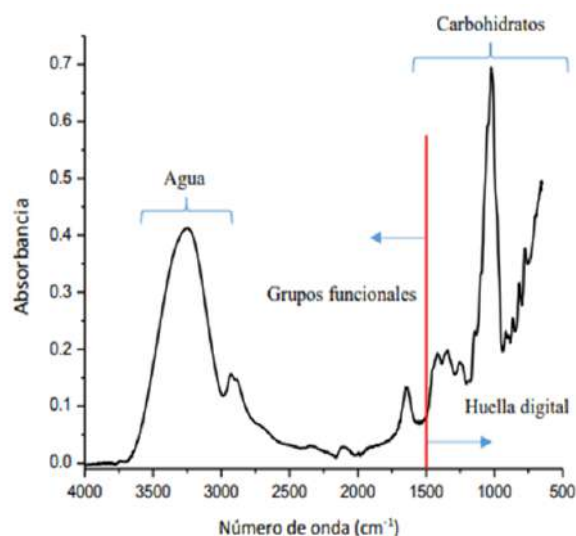
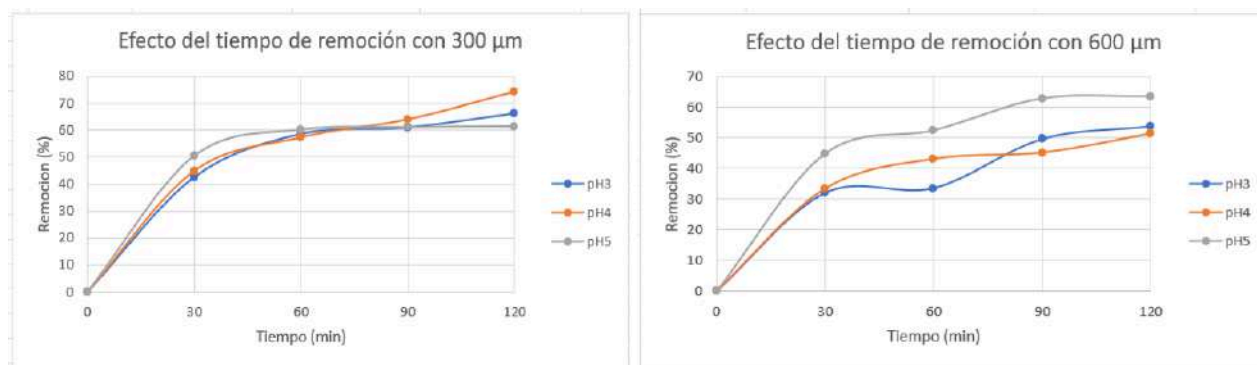


Fig 4. Espectro de infrarrojo con la identificación según el número de onda.
Fuente: [28].

En la figura 4 se observa que los diferentes espectros tienen la aparición de picos en los mismos números de onda, pero con diferente intensidad relativa. Interpretando que el espectro de la cáscara de maracuyá es semejante a los de la cáscara de maracuyá modificada. La variación de la intensidad de algunos picos de la cáscara de maracuyá modificada se debe a la modificación de la estructura de la cáscara de maracuyá original mediante la reacción de fenton y su posterior remoción de iones metálicos.

B. Efecto del tiempo de contacto

El efecto del tiempo de contacto sobre el porcentaje de remoción de los iones metálicos a partir de la cáscara de maracuyá modificada se evaluó en un periodo de 30 a 120 minutos y los resultados son mostrados en la figura 5.



(a) (b)
Fig 5. Efecto del tiempo de contacto en la remoción de cromo (a) con 300 µm; (b) con 600 µm.
Fuente: Elaboración propia.

En la fig. 5a se observa que, al inicio del proceso, en el minuto 0, el porcentaje de remoción de cromo es del 0% para todos los niveles de pH, lo cual es esperado ya que el proceso no ha comenzado. Durante los primeros 30 minutos, las curvas para los tres niveles de pH muestran un incremento rápido en el porcentaje de remoción, alcanzando entre un 50% y 60% de remoción. Esto indica que la mayor parte de la remoción de cromo ocurre en la fase inicial del proceso. A partir de los 30 minutos, las curvas comienzan a diferenciarse. Para el pH 3 (línea azul), la remoción de cromo se estabiliza alrededor del 60%. La curva correspondiente al pH 4 (línea naranja) continúa aumentando de manera más sostenida, alcanzando un porcentaje de remoción cercano al 75% al final del período de 120 minutos, lo que la posiciona como la condición más efectiva en este estudio. Por otro lado, la curva del pH 5 (línea gris) se comporta de manera intermedia, estabilizándose cerca del 70%.

En la fig.5b se observa que, a partir de los 30 minutos, las curvas comienzan a estabilizarse, pero muestran diferencias notables. La curva correspondiente al pH 5 (línea gris) alcanza el mayor porcentaje de remoción, estabilizándose alrededor del 60% a los 60 minutos y continuando con un leve incremento hasta llegar cerca del 65% a los 120 minutos. Esta curva muestra la mayor eficacia de remoción de cromo entre los tres niveles de pH analizados. La curva del pH 4 (línea naranja) también muestra un aumento inicial rápido, alcanzando cerca del 40% a los 30 minutos, pero luego su incremento es más gradual, estabilizándose alrededor del 50% al final del período de 120 minutos.

C. Efecto del pH

El efecto del pH se evaluó a valores de 3, 4 y 5, bajo las siguientes condiciones: concentración inicial de las muestras 30 ppm para cada metal, dosificación de 10 g/L de CMF, temperatura ambiente, 260 rpm y tiempos controlados de 90 min en el caso del Cr(VI) y 120 min para Cu(II). Se observó que el porcentaje de remoción de Cr VI y Cu II a las diferentes concentraciones de pH, se logra evidenciar que el mayor porcentaje de remoción para ambos metales ocurre a un pH de 4. Se observó además que, el pH 5 proporciona las mejores condiciones para la remoción de cromo con partículas de 300 µm, logrando el mayor porcentaje de remoción al final del período de 120 minutos. Los pH 3 y 4, aunque efectivos, muestran una eficiencia ligeramente menor y estabilizándose en niveles similares al final del experimento. Este hallazgo subraya la importancia de ajustar y optimizar el pH en procesos de tratamiento de agua para maximizar la eficiencia de remoción de contaminantes. Además, se observa que la mayor parte de la remoción ocurre en la fase inicial del proceso, destacando la rápida interacción entre el cromo y el medio de remoción en los primeros minutos.

D. Efecto de la granulometría

Del mismo modo en la Figura 3, los resultados experimentales indican que el tamaño de la biomasa casi no influye en la capacidad de remoción en el caso del Cr VI, ya que presentan valores muy cercanos; por el contrario, para el Cu II se encuentra que el tamaño de 300 μm , es el que presenta mayor porcentaje de remoción en comparación a la granulometría de 600 μm . De este modo se establece que, a un menor tamaño, se puede dar un aumento en el área superficial; sin embargo, es recomendable realizar estudios de caracterización de poros para cada biomasa en específico. De acuerdo con la literatura, el aumento de microporos aumenta el número de sitios accesibles, pero no puede ser relacionado con el tamaño de partícula [40], [41]. Entonces la influencia del tamaño de la biomasa en el proceso de remoción parece ser función tanto del tipo de biomasa, como del ion metálico que se desea remover.

Tabla 4. Análisis de Varianza para porcentaje de remoción de Cr VI - Suma de Cuadrados Tipo III.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Granulometria	7,5E-7	1	7,5E-7	0,12	0,7621
B: Ph	0,0304222	2	0,0152111	2433,77	0,0004
C: Tiempo	0,000352083	1	0,000352083	56,33	0,0173
Interacciones					
AB	0,0040065	2	0,00200325	320,52	0,0031
AC	0,00001875	1	0,00001875	3,00	0,2254
BC	0,0000521667	2	0,0000260833	4,17	0,1933
Residuos	0,0000125	2	0,00000625		
Total (corregido)	0,0348649	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4. ANOVA descompone la variabilidad de porcentaje de remoción del Cr VI en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de remoción de CR VI con un 95,0% de nivel de confianza. Por otra parte, la hipótesis nula (H_0) afirma que no hay diferencias significativas en la remoción de Cr VI entre las diferentes condiciones de granulometría, pH y Tiempo. Los resultados del análisis de ANOVA indican que el factor de pH (B: Ph) y el factor de Tiempo (C: Tiempo) tienen valores-P menores que 0,05, lo que sugiere que tienen un efecto estadísticamente significativo en la remoción de CR VI. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula para estos factores. Además, el análisis ANOVA para el Cr III, analiza la varianza en la remoción de cromo bajo diferentes condiciones experimentales, incluyendo granulometría, pH y tiempo. En esta tabla, se pueden observar los efectos principales y las interacciones entre estos factores, reflejados en la suma de cuadrados, los grados de libertad, el cuadrado medio, la razón-F y el valor-P para cada caso. Empezando por la granulometría, se observa que tiene un impacto significativo en la remoción de cromo. Esto se evidencia por un valor-P de 0,0041, que es mucho menor que el umbral común de significancia de 0,05, y una alta razón-F de 242,49. Estos resultados sugieren que la granulometría influye fuertemente en la eficiencia de remoción de cromo, siendo un factor crítico para considerar en el proceso. Por otro lado, el pH muestra un valor-P de 0,0548, que es ligeramente superior al umbral de significancia. Aunque no es concluyentemente significativo, la razón-F de 17,26 indica que el pH podría tener un impacto considerable en la remoción de cromo, aunque este análisis específico no proporciona una prueba definitiva. El tiempo también demuestra ser un factor significativo, con un valor-P de 0,0209 y una razón-F de 46,29. Estos resultados resaltan la importancia del tiempo en el proceso de remoción de cromo, indicando que la duración del tratamiento es un aspecto clave para lograr una alta eficiencia.

Al analizar las interacciones, la interacción entre granulometría y pH muestra un valor-P de 0,0098 y una alta razón-F de 100,82, lo que sugiere una interacción significativa. Esto implica que la combinación de estos dos factores tiene un efecto notable en la remoción de cromo, posiblemente indicando que ciertos tamaños de partícula funcionan mejor con niveles específicos de pH. La interacción entre granulometría y tiempo no resulta significativa, con un valor-P de 0,3500 y una baja razón-F de 1,46, lo que sugiere que estos dos factores no interactúan de manera significativa para influir en la remoción de cromo.

E. Rendimiento de adsorción. Efecto de la dosis de adsorbente

Se calculó la cantidad de adsorbato removido por gramo de adsorbente (mg/g), $q(\text{mg/g}) = \frac{V(C_0 - C)}{m}$ (2) donde V corresponde al volumen de la solución (L), C_0 y C son las concentraciones finales e iniciales de los iones metálicos presentes en el agua (mg/L) y m es la dosis del material adsorbente (g). Se realizó la comparación para las mejores condiciones obtenidas para cada metal y los resultados se muestran en la Figura 6.

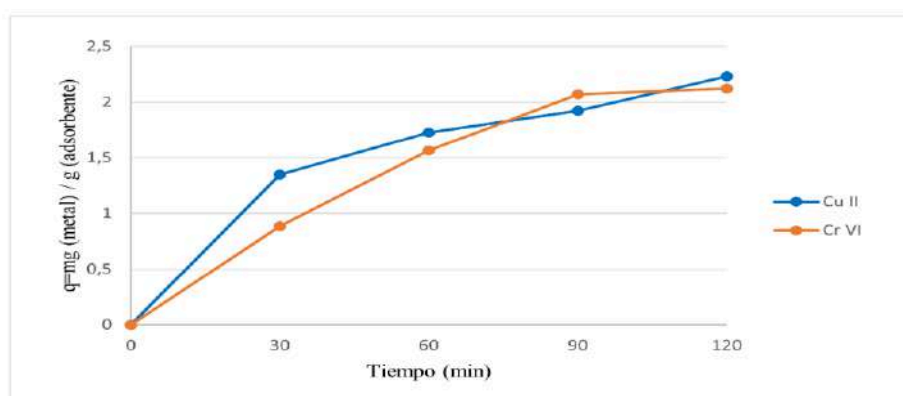


Fig 6. Cantidad de Cromo VI y Cu II (mg) removido por gramo de biomasa (cáscara de maracuyá fortificada).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se observa la cantidad de iones metálicos en mg que es removida por cada gramo de cáscara de maracuyá fortificada a los diferentes tiempos de contacto, donde se evidencia que a 90 min se logró remover un máximo de 2,07 mg de Cr VI, y a 120 min se removió 2,23 mg de Cu II, por gramo de cáscara de maracuyá fortificada respectivamente. Estos resultados indican la existencia de una buena afinidad entre los iones metálicos y la biomasa (cáscara de maracuyá fortificada) que contiene diversos polímeros, principalmente la pectina y lignina, donde se encuentran grupos carboxilo (COOH), carbonilo (CO) e hidroxilo (OH).

F. Influencia del tratamiento tipo Fenton

Algunos autores mencionan que el proceso tipo fenton puede aumentar de manera significativa la capacidad de remoción de iones metálicos, debido a que se da un incremento de los sitios disponibles aptos para la adsorción de los iones metálicos [17], [19]. Por ello se realizó una comparación de las capacidades de remoción entre la cáscara de maracuyá fortificada y la original sin modificaciones. También se varió la concentración inicial de la solución contaminada con los iones metálicos, debido a que el incremento o disminución de la concentración de la solución puede incrementar o disminuir el porcentaje de remoción.

Los resultados del porcentaje de remoción de cromo y cobre a partir de soluciones iniciales de diferentes concentraciones (30, 20, 10 y 5 ppm) utilizando cáscara de maracuyá fortificada y cáscara de maracuyá original. Para el cromo, la remoción es significativamente mayor cuando se utiliza cáscara de maracuyá fortificada en comparación con la original, con diferencias que varían de 16,9% a 11,0% dependiendo de la concentración inicial. Por ejemplo, para una concentración inicial de 30 ppm de cromo, la remoción con la cáscara fortificada es del 69,0%, mientras que con la cáscara original es del 52,1%, mostrando una diferencia de 16,9%. A medida que disminuye la concentración inicial de cromo, la diferencia en la remoción entre las dos condiciones se reduce, aunque la cáscara fortificada sigue siendo más efectiva. En el caso del cobre, también se observa una mayor eficiencia de remoción con la cáscara de maracuyá fortificada en comparación con la original. La remoción con la cáscara fortificada varía entre 74,4% y 91,2%, mientras que con la cáscara original varía entre 62,9% y 79,2%. Las diferencias en la remoción entre las dos condiciones oscilan entre 11,5% y 14,2%, siendo más pronunciadas en concentraciones iniciales más bajas. Por ejemplo, para una concentración inicial de 5 ppm de cobre, la remoción con la cáscara fortificada es del 91,2%, frente al 79,2% con la cáscara original, resultando en una diferencia de 12,0%. En resumen, la cáscara de maracuyá fortificada demuestra una mayor eficacia en la remoción de ambos metales, cromo y cobre, en comparación con la cáscara de maracuyá original, destacando su potencial como un material mejorado para la descontaminación de soluciones acuosas. Se observó, además, en el estudio de ANOVA, que se descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 7,76478, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables con un nivel del 5% de significación. Dado que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05 (0,0146 en este caso), se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos variables con un nivel de significancia del 5%. Utilizando una dosificación de 10 g/L y las mejores condiciones establecidas previamente, se obtuvieron diferencias significativas en los porcentajes de remoción de cáscara de maracuyá fortificada con los obtenidos utilizando la cáscara original, se puede observar un incremento en la capacidad de remoción de la versión modificada. Además, los intervalos de confianza nos indican que podemos estar razonablemente seguros de que las verdaderas medias de los porcentajes de remoción se encuentran dentro de los intervalos especificados. Estos valores son similares a los obtenidos por Kupeta et al [18], donde también se evidencian diferencias significativas en sus resultados al momento de comparar las capacidades de adsorción de la biomasa cruda con la modificada, demostrando la efectividad del proceso fenton. Un análisis comparativo del porcentaje de remoción de cromo en dos condiciones experimentales diferentes permitió el siguiente análisis: Para ambas condiciones (CM (Condición de Muestra) y CMF (Condición de Muestra Final)), se reportan la media del porcentaje de remoción, el error estándar agrupado, y los límites inferior y superior del intervalo de confianza al 95%. En el caso de la condición CM, la media del porcentaje de remoción es del 69,6% con un error estándar de 3,47015%. Los límites inferior y superior del intervalo de confianza son 64,3372% y 74,8628%, respectivamente. Para la condición CMF, la media del porcentaje de remoción es mayor, con un 83,275% y el mismo error estándar de 3,47015%, mientras que los límites del intervalo de confianza son 78,0122% y 88,5378%. Comparando ambas condiciones, se observa que la condición CMF presenta un porcentaje de remoción significativamente más alto que la condición CM, con una diferencia de aproximadamente 13,675 puntos porcentuales en la media. Esto indica que las modificaciones o tratamientos aplicados en la condición CMF son más efectivos para la remoción de cromo. Los intervalos de confianza no se solapan, lo que refuerza la significancia de la diferencia entre ambas condiciones. En general, la condición CMF demuestra una mayor eficacia en la remoción de cromo, sugiriendo que las estrategias implementadas en esta condición podrían ser más adecuadas para optimizar los procesos de tratamiento de agua contaminada con cromo.

CONCLUSIONES

Los resultados de remoción obtenidos utilizando la cáscara de maracuyá fortificada demostraron una reducción significativa de la concentración inicial de cromo y cobre disueltos en las muestras de aguas sintéticas, obteniendo mejores resultados en comparación a cuando se utiliza la cáscara de maracuyá, obteniendo valores óptimos con pH 4, 260 rpm de agitación, 300 μm de tamaño de partícula y una dosificación de 10 g/L para ambos metales, con variaciones en el tiempo de contacto entre la cáscara de maracuyá fortificada y los iones metálicos en solución, 90 minutos para el cromo y 120 minutos para el cobre, logrando remover un 69%; 80,8%; 90,4% y 94,4% de los iones de cromo, mientras que para el cobre se logró remover 74,4%; 79,5%; 86,5%; 91,2 % a concentraciones de 30, 20, 10 y 5 ppm respectivamente.

Se pudo observar que la mayor parte de la remoción de cromo ocurre en los primeros 30 minutos, lo que sugiere que el proceso es inicialmente muy rápido, probablemente debido a una alta disponibilidad de sitios activos para la adsorción o reacción del cromo. Segundo, el pH tiene una influencia significativa en la eficiencia del proceso de remoción. Mientras que el pH 4 demuestra ser el más efectivo, proporcionando las mejores condiciones para la remoción de cromo en esta configuración experimental, los pH 3 y 5 resultan menos efectivos, alcanzando porcentajes de remoción finales menores. Este análisis subraya la importancia de optimizar el pH para maximizar la eficiencia en procesos de remoción de contaminantes como el cromo. Ajustar el pH a niveles óptimos puede mejorar significativamente la efectividad del proceso, contribuyendo a soluciones más eficientes y sostenibles en el tratamiento de aguas contaminadas.

También se observó que en el análisis del cromo el pH tiene un impacto significativo en la eficiencia de remoción de cromo. El pH 4 se destaca como el más efectivo, logrando la mayor remoción de cromo después de 120 minutos. El pH 5 también muestra una alta eficiencia, pero ligeramente inferior a la del pH 4. El pH 3, aunque eficiente en los primeros 30 minutos, se estabiliza en un nivel de remoción menor comparado con los otros dos pH. Comparando estos resultados con los obtenidos utilizando la cáscara de maracuyá, se demuestra que la cáscara de maracuyá fortificada tiene mejor capacidad de remoción superando a la cáscara original hasta en un 18,4% para cromo y en un 14,2% para cobre, esto debido a que la reacción de fenton genera radicales hidroxilos muy reactivos que logran modificar la superficie del bioadsorbente otorgando una mayor capacidad de remoción de los iones metálicos presentes y aumentando así su eficiencia.

REFERENCIAS

- [1] Y. Reyes, I. Vergara, O. Torres, M. D. Lagos, y E. E. G. Jimenez, «Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria», Ing. Investig. Desarro. I2 D, vol. 16, n.o 2, pp. 66-77, 2016.
- [2] INEC, «Estadística Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Gestión de Residuos Sólidos.», 2019, p. 14. [En línea]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2019/Residuos_solidos_2019/Boletin_Tecnico_Residuos_2019%20v05_2.pdf
- [3] L. F. Londoño-Franco, P. T. Londoño-Muñoz, y F. G. Muñoz-García, «Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal», Biotecnol. En El Sect. Agropecu. Agroindustrial, vol. 14, n.o 2, pp. 145-153, 2016.
- [4] G. Campos-Flores, J. Gurreonero-Fernández, y R. Vejarano, «Passion-fruit shell biomass as adsorbent material to remove chromium III from contaminated aqueous mediums», en IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2019, p. 012110. Accedido: 28 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/620/1/012110/meta>.

- [5] C. A. S. Sierra y H. G. García, «Verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría», Ing. USBMed, vol. 4, n.o 1, pp. 22-26, 2013.
- [6] R. Lora Silva y H. Bonilla Gutiérrez, «Remediación de un suelo de la cuenca alta del Río Bogotá contaminado con los metales pesados cadmio y cromo», Rev. UDCA Actual. Divulg. Científica, vol. 13, n.o 2, pp. 61-70, 2010.
- [7] M. G. Valladares-Cisneros, C. Valerio-Cárdenas, P. de la Cruz-Burelo, y R. M. Melgoza-Alemán, «Adsorventes não convencionais, alternativas sustentáveis para o tratamento de águas residuais», Rev. Ing. Univ. Medellín, vol. 16, n.o 31, pp. 55-73, 2017.
- [8] A. L. Pantoja-Chamorro, A. M. Hurtado-Benavides, y H. A. Martínez-Correa, «Characterization of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) seed oil from agroindustrial waste obtained with supercritical CO₂», Acta Agronómica, vol. 66, n.o 2, pp. 178-185, 2017.
- [9] M. Á. López Ramírez et al., «Advanced Oxidation as an Alternative Treatment for Wastewater. A Review», Enfoque UTE, vol. 12, n.o 4, pp. 76-87, 2021.
- [10] Ministerio del Ambiente, «Texto Unificado de la Legislación ambiental (TULAS). Libro VI de la Calidad Ambiental. Anexo 1. Norma de calidad Ambiental y Descargas de Efluentes: Recurso Agua.», 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>
- [11] A. Rubio-Clemente, E. L. Chica, y G. A. Peñuela, «Application of Fenton process for treating petrochemical wastewater», Ing. Compet., vol. 16, n.o 2, pp. 211-223, 2014.
- [12] M. Usman et al., «Magnetite and Green Rust: Synthesis, Properties, and Environmental Applications of Mixed-Valent Iron Minerals», Chem. Rev., vol. 118, n.o 7, pp. 3251-3304, abr. 2018, doi: 10.1021/acs.chemrev.7b00224.
- [13] L. Yang y G. Yao, «A modified spectrophotometric method for the determination of ferrous ion during the Fenton process», Int. J. Environ. Anal. Chem., vol. 102, n.o 14, pp. 3194-3206, nov. 2022, doi: 10.1080/03067319.2020.1766034.
- [14] Y. Pan et al., «Properties of polyphenols and polyphenol-containing wastewaters and their treatment by Fenton/Fenton-like reactions», Sep. Purif. Technol., p. 123905, 2023.
- [15] W. Jia et al., «Fenton oxidation treatment of oxytetracycline fermentation residues: Harmless performance and bioresource properties», Chemosphere, p. 139201, 2023.
- [16] M. Valderrama, E. Montero del Águila, y L. E. Cruz Pio, «Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios», Rev. Soc. Quím. Perú, vol. 82, n.o 4, pp. 454-466, 2016.
- [17] X. Zeng et al., «Removal of trace metals and improvement of dredged sediment dewaterability by bioleaching combined with Fenton-like reaction», J. Hazard. Mater., vol. 288, pp. 51-59, 2015.
- [18] A. J. K. Kupeta, E. B. Naidoo, y A. E. Ofomaja, «Kinetics and equilibrium study of 2-nitrophenol adsorption onto polyurethane cross-linked pine cone biomass», J. Clean. Prod., vol. 179, pp. 191-209, 2018.
- [19] A. Mishra, B. D. Tripathi, y A. K. Rai, «Enhanced biosorption of metal ions from wastewater by Fenton modified *Hydrilla verticillata* dried biomass», Int. J. Environ. Sci. Technol., vol. 12, n.o 11, pp. 3443-3456, nov. 2015, doi: 10.1007/s13762-014-0708-7.
- [20] S. R. Shukla y R. S. Pai, «Adsorption of Cu (II), Ni (II) and Zn (II) on modified jute fibres», Bioresour. Technol., vol. 96, n.o 13, pp. 1430-1438, 2005.

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.171>

Estrategias proactivas para mitigar los riesgos emergentes de ciberseguridad en dispositivos IoT para hogares inteligentes

Kevin García Pérez*

<https://orcid.org/0009-0006-16632258>

kevin.garciaperez@upse.edu.ec

Universidad Estatal Península de Santa Elena
Salinas-Ecuador

Dilia Camacho

<https://orcid.org/0009-0007-0471-9847>

diliacamacho@gmail.com

Universidad Nacional Experimental de Guayana -
UNEG
Quito-Ecuador

*Autor de correspondencia: kevin.garciaperez@upse.edu.ec

Recibido (12/07/2024), Aceptado (21/08/2024)

Resumen: En este trabajo se propusieron estrategias para mitigar los riesgos emergentes en dispositivos inteligentes de Internet de las Cosas (IoT) en hogares. Con el aumento significativo de estos dispositivos, la ciberseguridad se convirtió en una preocupación primordial. Por lo tanto, este estudio se centró en identificar posibles riesgos y vulnerabilidades, mediante el uso de encuestas para evaluar las prácticas de seguridad actuales, el conocimiento acerca de las medidas de protección entre otros aspectos relacionados con la ciberseguridad. A partir de estos resultados, se realizaron recomendaciones para los usuarios, con el objetivo de fortalecer la seguridad en sus dispositivos IoT, y promover buenas prácticas para crear un entorno doméstico más seguro y protegido contra posibles amenazas cibernéticas.

Palabras clave: ciberseguridad, internet de las cosas, hogares inteligentes, estrategias.

Proactive strategies to mitigate emerging cybersecurity risks in IoT devices for smart homes

Abstract.- This work proposes strategies to mitigate emerging risks in smart Internet of Things (IoT) devices within homes. With the significant increase in these devices, cybersecurity became a primary concern. Therefore, this study focused on identifying potential risks and vulnerabilities, using surveys to assess current security practices and knowledge about protective measures among other aspects related to cybersecurity. Based on these results, recommendations were made for users, to strengthen security in their IoT devices and promote good practices to create a safer and more protected home environment against possible cyber threats.

Keywords: cybersecurity, internet of things, smart homes, strategies.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el internet de las cosas (IoT) ha transformado la manera en la que interactuamos con nuestro entorno, siendo un hecho el incremento del uso de dispositivos conectados a internet en diversos campos, como hogares inteligentes, ciudades inteligentes e industrias. No obstante, la expansión de estos dispositivos también ha originado una serie de desafíos de ciberseguridad que requieren atención inmediata. La ciberseguridad en los dispositivos IoT se ha convertido en una preocupación crítica. Debido a su auge, están expuestos a una serie de amenazas que pueden comprometer tanto la privacidad como la seguridad de los usuarios [1]. Las vulnerabilidades en estos dispositivos pueden ser explotadas por atacantes para acceder a redes privadas, robar datos personales, incluso controlar dispositivos de manera remota [2].

El uso de IoT es cada vez más frecuente en los hogares, ya que pueden estar presentes desde un pequeño enchufe inteligente, hasta electrodomésticos conectados mediante internet [3]. Estos pueden ser blanco fácil de algún ciberataque, por lo cual, es crucial mantener la seguridad en este tipo de dispositivos utilizados en hogares inteligentes [4]. En este trabajo se analiza la falta de estrategias proactivas y efectivas para mitigar los riesgos emergentes asociados con la ciberseguridad en dispositivos IoT para hogares inteligentes. A pesar de los avances en tecnología y la creciente conciencia sobre la seguridad, los ataques a estos dispositivos siguen siendo comunes, lo que pone en evidencia la necesidad de enfoques más robustos y anticipados.

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera: La sección 1, incluye la introducción, ofrece un contexto del estudio, y establece los objetivos de investigación, la sección 2 pertenece al desarrollo, donde se ofrece una revisión de la literatura, los riesgos y vulnerabilidades asociados. La sección 3 es la metodología, donde se detalla el enfoque y las técnicas utilizadas, principalmente para recolectar datos mediante encuestas, En los resultados se analizan los hallazgos obtenidos. Finalmente, la sección de conclusiones, resume los descubrimientos del estudio y ofrece recomendaciones para mitigar los riesgos.

II. DESARROLLO

El Internet de las cosas (IoT), es una red de dispositivos interconectados a través de internet, que permite la comunicación entre los dispositivos y la nube. Estos se encuentran presentes en nuestro entorno, y van desde simples equipos inteligentes en los hogares, hasta aquellos utilizados en las grandes industrias [5]. En el contexto de hogares, el término "Smart Home" hace referencia a una casa equipada con tecnologías que permiten la automatización y control remoto de diversos aspectos en un entorno doméstico mediante un ordenador o smartphome, y una de sus características principales es que conectan a internet [6]. Existen varios dispositivos inteligentes para el hogar [7]. En la tabla 1 se muestran junto a sus características.

Tabla 1. Tipos de Dispositivos inteligentes para el hogar.

DISPOSITIVOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Asistentes virtuales	<ul style="list-style-type: none"> - Interacción conversacional - Automatización de tareas - Capacidad de procesamiento de lenguaje natural reconocimiento de voz
Iluminación inteligente	<ul style="list-style-type: none"> - Control remoto - Eficiencia energética - Ajuste de intensidad de brillo y color
Termostatos inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización - Ahorro energético - Programación de horarios
Detectores y sensores	<ul style="list-style-type: none"> - Detección de movimiento - Detección de humo - Sensores de puertas y ventanas
Cámaras de seguridad inteligente	<ul style="list-style-type: none"> - Conectividad Wifi - Detección de sonido y movimiento - Resolución 4K / FULLHD / HD, visión nocturna, audio
Electrodomésticos inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> - Control mediante apps - Monitoreo y notificaciones - Integración con asistentes virtuales, funciones especiales
Enchufes y regletas inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> - Control de energía - Programación remota, monitoreo de consumo energético - Protección contra sobrecargas de voltaje
Wearables	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo de salud, de estrés y actividad física - Notificaciones en tiempo real y GPS integrado - Pagos móviles

La ciberseguridad es fundamental para la protección los sistemas informáticos, bases de datos, redes, de posibles ciberataques y accesos no autorizados con el fin de salvaguardar la información [8]. Dentro de este ámbito la seguridad de la información juega un papel importante, basándose en la confidencialidad, integridad y disponibilidad [9]. Sin embargo, estos principios mencionados, pueden verse amenazados por los diversos ciberataques existentes, ya que poseen técnicas para infiltrarse y afectar la seguridad de la información [10]. En la Tabla 2 se resumen los ciberataques más comunes, su impacto, sus objetivos y consecuencias.

Tabla 2. Tipos de Ataque.

Tipos de Ataques	Impacto	Objetivo principal	Consecuencias
Ransomware	ALTO	Encriptar datos	<ul style="list-style-type: none"> - Bloquear acceso a los datos - Pago por rescate
Phishing	ALTO	Obtener información confidencial	<ul style="list-style-type: none"> - Accesos no autorizados a cuentas financieras - Robo de identidad
Inyección SQL	ALTO	Acceder a las bases de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a datos sensibles - Modificación o eliminación de datos.
Cross – Site – Scripting (XSS)	MEDIO	Inyectar Scripts en sitios web	<ul style="list-style-type: none"> - Suplantación de identidad - Robo de cookies
Denegación de Servicio Distribuida (DDoS)	MEDIO	Sobrecargar servicios	<ul style="list-style-type: none"> - Interrupción de los servicios - Daño a la reputación
Adware	BAJO	Mostrar publicidad no deseada	<ul style="list-style-type: none"> - Afectar el rendimiento del sistema - Exposición a malware

El panorama de ciberseguridad actual reveló la prevalencia de diversos tipos de ataques. El phishing es uno de los ataques más utilizados, representando el 36% de todos los ataques de ingeniería social, junto al Ransomware con alrededor del 24% de las amenazas dirigidas a industrias. Los ataques a sitios web, como la inyección SQL y XSS, comprenden un 25%. Por otra parte, la denegación de servicio distribuida DDoS comprenden aproximadamente el 5% de incidentes [11]. Por último, el malware (programa maligno) Adware, que afecta con un 35% de los dispositivos móviles [12].

El fortalecimiento de las medidas de seguridad de los dispositivos IoT en la actualidad, es importante debido a sus vulnerabilidades, y a su presencia en áreas muy importantes, cómo son las empresas, hogares, y la industria 4.0 [13]. En este contexto, Flores [14] propuso la creación de taxonomía experimental basada en código abierto para los sistemas de detección y prevención de intrusos (IDS/IPS) para identificar vulnerabilidades, optimizar su rendimiento y adaptar soluciones a las amenazas emergentes. Los riesgos asociados a la privacidad que tienen los dispositivos IoT, demuestran que las principales vulnerabilidades incluyen, autenticaciones débiles, acceso a los datos sin seguridad, y redes Wi-Fi inseguras [15], de ahí se destaca la importancia de implementar tecnologías avanzadas, para mejorar la seguridad la seguridad de los dispositivos en los hogares inteligentes [16]. Tapia [17] utilizando encuestas analizó la relación entre las habilidades y el uso de dispositivos IoT en los hogares, dicho análisis fue relevante para comprender el nivel de familiaridad de las personas con la adopción de estas tecnologías. Según Calle [18] en su estudio, realizó un análisis de vulnerabilidades a cámaras IP domésticas, demostrando que a pesar de que los fabricantes utilizan configuraciones predeterminadas de seguridad, existen debilidades asociadas con la configuración del usuario, esto evidencia la necesidad de fortalecer los conocimientos en ciberseguridad.

III. METODOLOGÍA

Para abordar el tema de estrategias proactivas para mitigar los riesgos emergentes de ciberseguridad en dispositivos IoT para hogares inteligentes, se utilizó una metodología cuantitativa. El método de recolección de información consistió en encuestas dirigidas a un público conformado por profesionales del área de tecnología y ciberseguridad, estudiantes universitarios y usuarios que utilizan dispositivos IoT en sus hogares. Para el presente estudio, se ha considerado información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en su último censo realizado en el año 2022, acerca del número de hogares que poseen conexión a internet en la provincia de Santa Elena - Ecuador, obteniendo un total de 52.219 hogares conectados, distribuidos en tres cantones. Santa Elena cuenta con 22.665 hogares, La Libertad con 16.871 hogares, y Salinas con 12.683 hogares. La ecuación (1) se utilizó para el cálculo de la muestra:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Los tamaños calculados corresponden a la muestra del número de encuestados por cantón, obteniendo un total de 202 encuestas. Las mismas que abordaron temas relevantes referentes a la ciberseguridad en los dispositivos IoT. La distribución de la encuesta se realizó en el Cantón de Santa Elena con 74 encuestas, Cantón La Libertad 51 encuestas, Cantón de Salinas 77 encuestas. La encuesta fue validada por expertos y estuvo compuesta por los criterios descritos en la tabla 3. Se observa que los criterios incluyen datos demográficos y el uso de aplicativos tecnológicos, así como el conocimiento en el uso de estos dispositivos. Todos estos con el fin de ubicar y contextualizar el problema de estudio y poder definir futuras estrategias de mejora.

Tabla 3. Características de la encuesta aplicada.

Objetivo según criterio	Aporte al tema de investigación	Categoría de evaluación
Conocer la ubicación geográfica de los encuestados.	Proporciona contexto sobre la distribución geográfica de los participantes.	Información demográfica
Determinar la distribución de edades de los participantes.	Ayuda a segmentar la muestra según rangos de edad y evaluar si la edad influye en la seguridad IoT.	Información demográfica
Identificar los dispositivos IoT presentes en los hogares.	Permite comprender el nivel de adopción de dispositivos IoT y su diversidad en los hogares.	Adopción de tecnología IoT
Medir la experiencia de uso de dispositivos IoT.	Ofrece datos sobre la experiencia de los usuarios con dispositivos IoT.	Experiencia de uso
Conocer el proveedor de servicios de internet.	Brinda información sobre la infraestructura de red que los participantes utilizan.	Infraestructura de red
Evaluar la frecuencia de actualización del software en dispositivos IoT.	Permite evaluar las prácticas de mantenimiento y seguridad en los dispositivos IoT.	Mantenimiento de dispositivos
Identificar las medidas de seguridad aplicadas en el uso de dispositivos IoT.	Contribuye a identificar las estrategias de seguridad más comunes.	Medidas de seguridad
Medir el nivel de conocimiento de las mejores prácticas de seguridad.	Proporciona un panorama del nivel de conocimiento de los usuarios sobre seguridad IoT.	Conocimiento en ciberseguridad
Determinar la percepción de preocupación por la seguridad en IoT.	Mide la conciencia y percepción de riesgo relacionada con la seguridad IoT.	Percepción de seguridad
Identificar los riesgos percibidos en los dispositivos IoT.	Ayuda a entender las amenazas que los usuarios consideran más importantes en IoT.	Riesgos percibidos
Conocer las fuentes de información utilizadas para temas de seguridad IoT.	Aporta información sobre la búsqueda de recursos educativos en temas de seguridad IoT.	Fuentes de información
Determinar la incidencia de problemas de seguridad o ciberataques.	Proporciona evidencia sobre la frecuencia de ciberataques en dispositivos IoT domésticos.	Incidentes de seguridad
Identificar los recursos que los usuarios consideran necesarios para mejorar la seguridad IoT.	Ayuda a identificar necesidades de recursos educativos o soporte técnico en seguridad IoT.	Recursos necesarios
Conocer las prácticas de protección de red para asegurar dispositivos inteligentes.	Ofrece datos sobre las prácticas de seguridad de la red doméstica.	Medidas de protección de red

IV. RESULTADOS

A. Hallazgos encontrados en la aplicación de encuestas

En la Fig. 1, se muestran las medidas de seguridad que los encuestados aplican a sus dispositivos IoT en el hogar, siendo la práctica más utilizada el cambio de contraseñas predeterminadas, entre otras medidas que también son relevantes. Esto indica una buena implementación de seguridad básica, sin embargo, es necesario fomentar el uso de prácticas de seguridad más avanzadas para la protección de los dispositivos IoT.

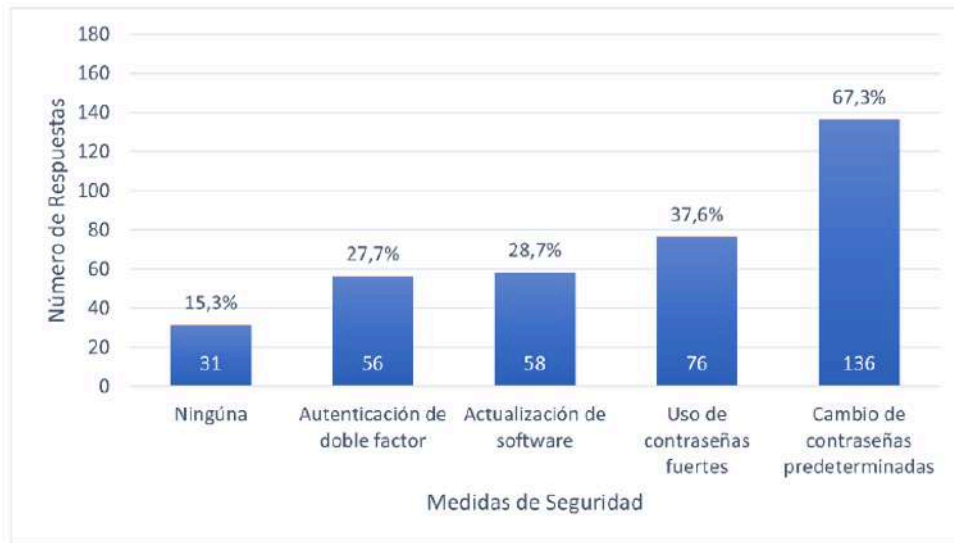


Fig 1. Medidas de seguridad aplicadas en dispositivos inteligentes IoT en los hogares.

Por otra parte, se consultó acerca del nivel de preocupación de los riesgos de seguridad en los dispositivos inteligentes IoT. Los resultados mostrados en la Fig. 2 reflejan que los usuarios tienen una alta percepción de los riesgos, lo que podría incentivar la adopción de nuevas prácticas de seguridad.

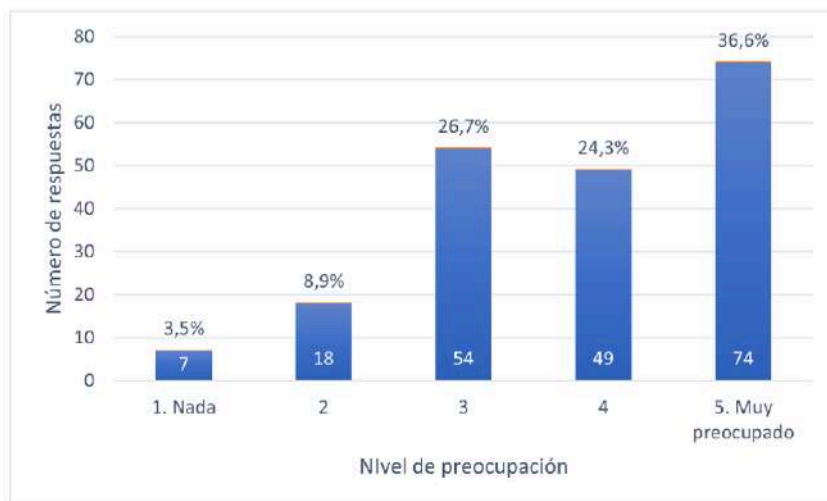


Fig 2. Nivel de preocupación de los riesgos de seguridad en los dispositivos inteligentes IoT en los hogares.

Y como último punto, los resultados de la Fig. 3 reflejan una combinación de enfoques básicos de seguridad en redes Wi-Fi, con una alta adopción de prácticas como el cambio de contraseña regular, y el uso de cifrado WPA2/WPA3, no obstante, se sugiere un refuerzo adicional acerca de prácticas de seguridad más robustas para una mejor protección de las redes inalámbricas Wi-Fi, ya que estas redes son el medio por el cual los dispositivos IoT comparten información.

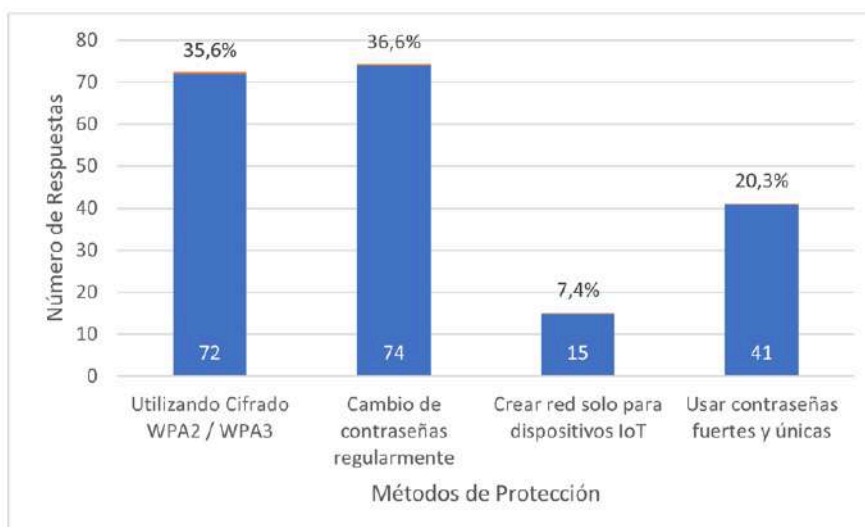


Fig 3. Medidas de protección para mantener la seguridad en los dispositivos inteligentes IoT en los hogares.

B. Propuestas para fortalecer la protección digital en el hogar

Estos resultados permiten proponer ciertas estrategias guía para fortalecer la seguridad en dispositivos IoT en los hogares, y proteger a los usuarios contra posibles amenazas cibernéticas (Fig. 4). Además, permitirán mitigar los riesgos de los dispositivos IoT en hogares distribuidas por grupo.



Fig 4. Medidas fundamentales de seguridad.

En la figura 4 se muestran algunas características que se deben considerar para mejorar la protección cibernética en el hogar, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Utilizar contraseñas seguras: Se recomienda emplear contraseñas complejas que combinen caracteres especiales, letras y números tanto en la red Wi-Fi como en los dispositivos, reduciendo así el riesgo de accesos indebidos.

- Cambiar contraseñas predeterminadas: Las contraseñas que vienen de fábrica suelen ser fáciles de descifrar por los atacantes, por lo que es fundamental modificarlas cuanto antes.
- Actualizar constantemente el software: Mantener el software de los dispositivos al día garantiza que se cuente con los últimos parches de seguridad, lo que ayuda a protegerlos de vulnerabilidades. Es importante asegurarse de que las actualizaciones provengan del proveedor oficial del dispositivo o del sistema.
- Desactivar funciones no utilizadas: Deshabilitar las características innecesarias en los dispositivos reduce la superficie de ataque, disminuyendo así las posibilidades de un ciberataque.

Este conjunto de medidas forma un pilar esencial para mantener la seguridad digital en entornos personales y profesionales. Sin embargo, otro factor importante que muchas veces se pasa por alto en los hogares es la protección de redes wifi (fig. 5), donde se pueden aplicar las siguientes acciones:

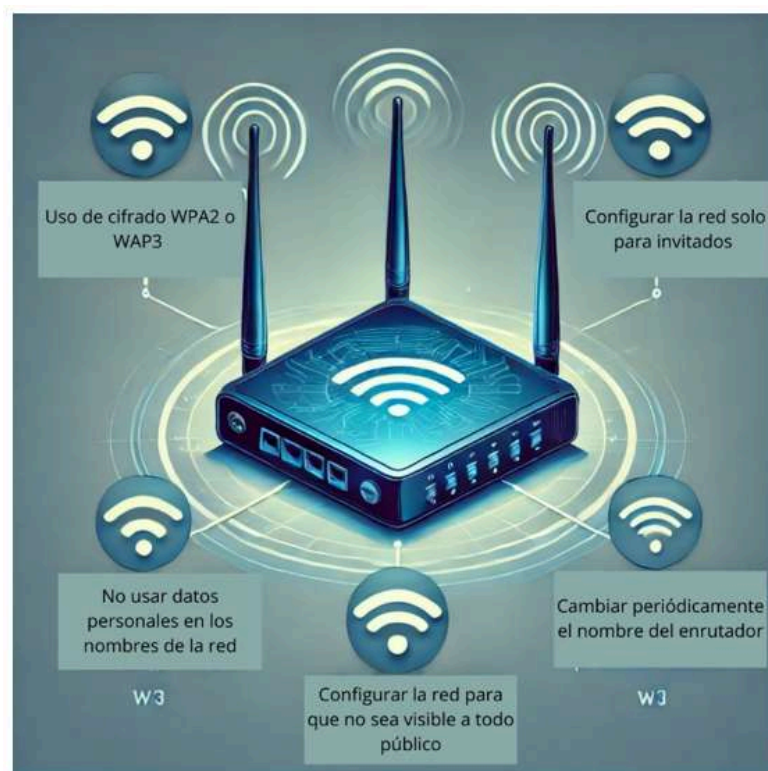


Fig 5. Acciones para la protección en redes wifi.

Como se puede apreciar en la figura 5, una de las acciones que contribuyen al mejoramiento de la seguridad en las redes wifi es el uso de cifrado WPA2 o WAP3 que sirven para proteger la red Wi-Fi y la información que se transmite por ella. Además, es importante configurar la red solo para invitados, esta configuración desde el enrutador minimizaría el riesgo de ataques por malware, o de accesos no autorizados a dispositivos. Así como cambiar periódicamente el nombre del enrutador, para dificultar la identificación de la red, en este caso es recomendable cambiarlo sin develar algún dato personal. Otros factores de seguridad en el hogar incluyen estrategias avanzadas de seguridad, como implementar autenticación multifactor (MFA) para adicionar una capa de seguridad extra, pidiendo múltiples formas de verificación previas para acceder a dispositivos o cuentas. Así mismo, es importante la educación y capacitación en ciberseguridad, como también adquirir conocimientos continuos acerca de ciberseguridad para mantenerse informados y conocer las mejores prácticas para prevenir y actuar ante amenazas emergentes. Sin descuidar el monitoreo y la utilización de herramientas para identificar y actuar rápidamente ante cualquier actividad sospechosa.

CONCLUSIONES

A medida que más hogares utilicen dispositivos digitales, más son las probabilidades de tener riesgos de seguridad. Por lo tanto, resulta necesario promover la concientización y la educación en el ámbito de ciberseguridad, de tal manera que puedan implementarse buenas prácticas de seguridad, evitando ser víctimas de algún tipo de ciberataque.

Las sociedades modernas son cada vez más propensas a sufrir situaciones digitales, y por ello, la capacitación y preparación en estos temas, ya no es algo exclusivo de los ingenieros informáticas y áreas afines, sino que es una necesidad en todos los sectores de la población, donde el uso de la tecnología se ha hecho parte de los hogares y de la vida común.

A medida que crece el uso de dispositivos digitales en los hogares, también aumenta la cantidad de información personal y financiera que se transmite a través de redes, lo que eleva las probabilidades de ataques cibernéticos. Desde dispositivos inteligentes conectados a internet hasta la simple conexión de una computadora portátil, cada punto de acceso a una red representa una posible vulnerabilidad. Por esta razón, es vital que las personas comprendan los riesgos asociados y adopten medidas preventivas, como el uso de contraseñas seguras y el cifrado adecuado, para proteger sus redes y dispositivos.

Además de implementar buenas prácticas de seguridad, es crucial que las familias y los individuos mantengan una actitud proactiva respecto a la educación en ciberseguridad. La protección de datos personales y el resguardo de la privacidad en línea son aspectos que deben aprenderse desde edades tempranas, para así formar una cultura de seguridad digital sólida. Programas de formación en este ámbito pueden ayudar a que las personas identifiquen amenazas comunes, como correos de phishing o software malicioso, y sepan cómo actuar frente a ellas.

En una era donde la digitalización está presente en casi todos los aspectos de la vida cotidiana, la seguridad en línea se ha vuelto una responsabilidad compartida. No solo es deber de los expertos en tecnología proteger sistemas y redes, sino que cada usuario, independientemente de su campo profesional, debe ser consciente de los peligros que existen en el ciberespacio y tomar medidas activas para minimizarlos. La ciberseguridad es un desafío global, y cuanto más se expanda el conocimiento y la implementación de buenas prácticas, mejor preparados estaremos para enfrentar futuras amenazas.

REFERENCIAS

- [1] J. S. Rueda Rueda, "El reto del desarrollo seguro de aplicaciones IoT en un mercado acelerado", *Revista Ingenio*, vol. 18, núm. 1, 2021, doi: 10.22463/2011642x.2667.
- [2] D. Cárdenas-Quintero, E. Roperro-Silva, K. Puerto-López, K. Sanchez-Mojica, S. Castro-Casadiego, y J. Ramirez-Mateus, "Vulnerabilidad en la seguridad del internet de las cosas", *Mundo FESC*, vol. 10, núm. 19, pp. 162-179, ene. 2020, doi: 10.61799/2216-0388.542.
- [3] J. E. Mendoza Padilla y M. A. Marín Mendoza, "Prototipo de Smart Home automatizado con IoT", *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 8, núm. 2, 2020, doi: 10.17081/invinno.8.2.3771.
- [4] A. C. Morales Suárez, S. S. Díaz Ávila, y M. Á. Leguizamón Páez, "Mecanismos de seguridad en el internet de las cosas", *Revista vínculos*, vol. 16, núm. 2, 2019, doi: 10.14483/2322939x.15758.
- [5] L. M. Amaya Fariño, A. Tumbaco Reyes, E. Roca Quirumbay, T. Villón González, B. Mendoza Morán, y Á. Reyes Quimís, "El IoT aplicado a la Domótica", *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 7, núm. 1, pp. 21-28, jun. 2020, doi: 10.26423/rctu.v7i1.490.
- [6] D. S. Ramirez Supe, E. de las M. Zurita Meza, y F. J. Galora Silva, "Analizando Internet de las Cosas y la nube informática", *REVISTA ODIGOS*, vol. 3, núm. 1, 2022, doi: 10.35290/ro.v3n1.2022.535.

- [7] T. A. Coleti, O. A. Mahmoud, V. H. Sotti, A. L. A. Menolli, M. Morandini, y R. Balancieri, "Equipamentos para Smart Home: O que eles querem saber sobre nós?", 2023. doi: 10.5753/wics.2023.230083.
- [8] F. S. Capeta Mondoñedo, C. M. Franco Del Carpio, y H. O. Villafuerte Barreto, "Ciberseguridad y su relación con la empleabilidad para egresados de Ingeniería de Sistemas en una Universidad Pública", Revista de Climatología, vol. 23, 2023, doi: 10.59427/rcli/2023/v23cs.1510-1519.
- [9] G. R. De La Cruz Rodríguez, R. A. Méndez Fernández, y A. C. Mendoza De Los Santos, "Seguridad de la información en el comercio electrónico basado en ISO 27001: Una revisión sistemática", Innovación y Software, vol. 4, núm. 1, 2023, doi: 10.48168/innosoft.s11.a79.
- [10] "¿Qué es un ciberataque y los tipos de ataques en la red? | Fortinet". Consultado: el 11 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fortinet.com/lat/resources/cyberglossary/types-of-cyber-attacks>.
- [11] Verizon, "Verizon DBIR 2023 Data Breach Investigations Report", Consultado: el 31 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.verizon.com/about/news/2023-data-breach-investigations-report>.
- [12] "Cuáles son las vulnerabilidades más relevantes detectadas en 2023". Consultado: el 31 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.welivesecurity.com/es/seguridad-corporativa/vulnerabilidades-mas-relevantes-2023/>
- [13] L. F. Gélvez-Rodríguez y L. M. Santos-Jaimes, "Internet de las Cosas: una revisión sobre los retos de seguridad y sus contramedidas", Revista Ingenio, vol. 17, núm. 1, 2020, doi: 10.22463/2011642x.2370.
- [14] J. C. Gómez Castaño, N. J. Castaño Pérez, y L. C. Correa Ortiz, "Sistemas de detección y prevención de intrusos", Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 33, núm. 1, 2023, doi: 10.18359/rcin.6534.
- [15] A. Flórez Gutiérrez, A. Paola Gordillo, y L. A. Roa H, "Vulnerabilidad de la información en los dispositivos domésticos inteligentes del hogar", Elementos, ISSN-e 2248-5252, Vol. 7, No. 1, 2022, vol. 7, núm. 1, p. 8, 2022, doi: 10.15765/E.V711.
- [16] D. Ordoñez-Camacho, "Reduciendo la brecha de seguridad del IoT con una arquitectura de microservicios basada en TLS y OAuth2", Ingenius, núm. 25, 2020, doi: 10.17163/ings.n25.2021.09.
- [17] A. Calvopiña, F. Tapia, y L. Tello-Oquendo, "Uso del asistente virtual Alexa como herramienta de interacción para el monitoreo de clima en hogares inteligentes por medio de Raspberry Pi y DarkSky API", 2020, doi: 10.17013/risti.36.102-115.
- [18] J. F. Calle Sarmiento y J. P. Cuenca Tapia, "Plan de mitigación de riesgos ante vulnerabilidades y amenazas presentes en un dispositivo IoT", ConcienciaDigital, vol. 6, núm. 4.2, 2023, doi: 10.33262/concienciadigital.v6i4.2.2773.

LOS AUTORES



Kevin García Pérez es Ingeniero en Tecnologías de la Información, graduado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena y actualmente estudiante de la Maestría de Ciberseguridad en la misma institución.



Oscar Apolinario Arzube es un científico con doctorado en Informática y amplia experiencia en telecomunicaciones. Especializado en ontología, web semántica y machine learning, ha publicado en revistas de alto impacto y ha liderado proyectos ágiles. Posee habilidades en programación y bases de datos.

Estudio y simulación de la coordinación de protecciones eléctricas

Luis Franklin Casa Chancusig
<https://orcid.org/0009-0000-3549-976X>
luis.casa0893@utc.edu.ec
Aglomerados Cotopaxi S.A.
Latacunga, Ecuador

José Efrén Barbosa Galarza
<https://orcid.org/0009-0009-4706-4697>
jose.barbosa@utc.edu.ec
Universidad Técnica de Cotopaxi
Latacunga, Ecuador

Carlos Iván Quinatoa Caiza
<https://orcid.org/0000-0001-6369-7480>
carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec
Universidad Técnica de Cotopaxi
Latacunga, Ecuador

*Autor de correspondencia: luis.casa0893@utc.edu.ec

Recibido (16/06/2024), Aceptado (11/08/2024)

Resumen: En este trabajo se realiza un análisis de la coordinación de protecciones de un sistema eléctrico. Para ello se utiliza el software ETAP que permite realizar el modelado de cada elemento a partir del diagrama unifilar del sistema eléctrico. Se definen las condiciones iniciales asociadas al nivel de carga de los elementos y de las líneas como consecuencia de la presencia de cargas a valores nominales. A continuación, se desarrolla un análisis de fallas, para posteriormente realizar un estudio de coordinación de protecciones, definiendo escenarios de fallas en diferentes barras del sistema, así, las características de desempeño de las protecciones. Finalmente, se realiza un análisis técnico-económico, considerando datos históricos de consumo de energía por parte de la planta industrial.

Palabras clave: sistema eléctrico, coordinación de protecciones, fallas eléctricas.

Study and simulation of the coordination of electrical protections

Abstract.- In this work, an analysis of the coordination of protections of an electrical system is carried out. To do this, the ETAP software is used, which allows the modeling of each element from the single-line diagram of the electrical system. The initial conditions associated with the load level of the elements and lines due to the presence of loads at nominal values are defined. Next, a failure analysis is developed, to carry out a protection coordination study later, defining failure scenarios in different bars of the system, as well as the performance characteristics of the protections. Finally, a technical-economic analysis is carried out, considering historical data on energy consumption by the industrial plant.

Keywords: electrical system, coordination of protections, electrical failures.

I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas eléctricos de potencia, la coordinación de protecciones es uno de los puntos esenciales para mantener un servicio continuo y minimizar los tiempos de reconexión ante la presencia de fallas, cortocircuitos en el sistema eléctrico, perturbaciones, problemas de frecuencias y otros. Lo que garantiza la protección de sus componentes eléctricos y la seguridad de las personas que operan el sistema. Para llevar a cabo estas funciones, resulta necesario un correcto levantamiento de información sobre las cargas y los instrumentos de protección y los ajustes adecuados del sistema eléctrico industrial [1].

Resulta crucial considerar la integración de tecnologías avanzadas en la coordinación de protecciones. La implementación de redes inteligentes (smart grids) y dispositivos de medición avanzados (AMDs) permite una supervisión y control en tiempo real del sistema eléctrico [2]. Estas tecnologías proporcionan datos precisos y actualizados que facilitan la toma de decisiones informadas y la optimización de la configuración de las protecciones. Por otro lado, la ciberseguridad también juega un papel fundamental en la coordinación de protecciones en sistemas eléctricos modernos. Con el aumento de la digitalización y la conectividad, los sistemas eléctricos son vulnerables a ataques cibernéticos que pueden comprometer la seguridad y la estabilidad del sistema. Implementar medidas robustas de ciberseguridad garantiza que los dispositivos de protección y los sistemas de control no sean vulnerables a interferencias externas.

Además, la gestión del mantenimiento preventivo y predictivo es clave para la eficacia de la coordinación de protecciones. Los dispositivos de protección deben ser inspeccionados y mantenidos regularmente para asegurar su correcto funcionamiento [3]. El uso de técnicas de mantenimiento predictivo, como el análisis de datos y la monitorización de condiciones, puede anticipar fallos antes de que ocurran, permitiendo intervenciones proactivas y reduciendo el riesgo de interrupciones inesperadas. A esto se suma, la importancia de la normativa y cumplimiento regulatorio, que son aspectos cruciales en la coordinación de protecciones. Por tanto, cumplir con las normas y regulaciones establecidas por los organismos de control asegura que el sistema eléctrico opere dentro de los parámetros de seguridad y eficiencia requeridos. La adopción de estándares internacionales, como los de la IEEE y la IEC, proporciona un marco sólido para la configuración y operación de los sistemas de protección.

Con estas premisas, en este trabajo, se realizó una simulación sobre la coordinación de protecciones en sistemas eléctricos de potencia industrial para asegurar una operación segura, eficiente y continua del sistema eléctrico, protegiendo tanto los componentes técnicos como a las personas involucradas. Una correcta selectividad de equipos y coordinación de protecciones minimizará los cortes de energía eléctrica en forma global manteniendo un servicio continuo a otras cargas, las simulaciones con software del sistema eléctrico permitirán encontrar los valores de ajustes óptimos para los equipos de protección.

II. DESARROLLO

Una falla se entiende como un cambio en el comportamiento de uno de los componentes del sistema o una perturbación no establecida en alguna de las propiedades o parámetros característicos, de forma que no se logre satisfacer la función para la cual se haya diseñado [4]. La identificación de interrupciones en la red eléctrica puede realizarse bajo ciertos criterios. En primer lugar, es necesario determinar la fecha y hora del evento [4], [5]. Es fundamental identificar el posible origen de la falla, ya sea interno o externo, y ubicar la falla junto con las partes del sistema afectadas. Además, se deben identificar las causas de los eventos de falla y los equipos que han quedado fuera de servicio. Es igualmente importante cuantificar el número de consumidores afectados y la energía no suministrada. De esta manera, se debe establecer la fecha y hora de solución del evento para evaluar la efectividad de la respuesta y la recuperación del servicio.

A. Registro y Clasificación de Interrupciones en la Red Eléctrica

Los posibles eventos e interrupciones en la red eléctrica se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios. En cuanto a la duración, las interrupciones pueden ser instantáneas, con una duración menor o igual a tres minutos, o de larga duración, cuando exceden los tres minutos. Según su origen, pueden ser externos al sistema de distribución, involucrando al distribuidor externo, el sistema de transmisión, el sistema de generación, restricciones de carga o baja frecuencia [6]. También pueden ser internos al sistema de distribución, diferenciándose entre eventos programados y no programados.

Las causas de las interrupciones también permiten una clasificación. Los eventos programados pueden deberse a actividades de mantenimiento, ampliaciones o maniobras. Los eventos no programados, que son imprevistos, aleatorios o forzados, pueden ser causados por factores climáticos, ambientales o problemas en las redes de alto, medio o bajo voltaje. De tal manera que, las interrupciones pueden clasificarse según el voltaje nominal afectado, dividiéndose en bajo voltaje, medio voltaje y alto voltaje [7]. Esta clasificación ayuda a identificar y gestionar de manera efectiva las interrupciones en la red eléctrica, mejorando la respuesta y mitigación de los impactos.

B. Tipos de Fallas en Sistemas Eléctricos de Potencia

En los sistemas eléctricos de potencia, los eventos de falla más comunes son los cortocircuitos, los cuales están relacionados con sobrecorrientes, desbalances de voltaje o ambas causas [8]. Según datos estadísticos, cerca del 85% de las fallas son de tipo monofásicas a tierra, el 5% están relacionadas con fallas que involucran más de una fase, y el 10% restante son de tipo mecánicas. Dentro del análisis de fallas, uno de los casos particulares es la ocurrencia de dos o más fallas simultáneas, las cuales son producto de descargas atmosféricas o de eventualidades debido a la mala maniobra de equipos por parte de los operadores.

Las fallas monofásicas involucran la intervención de una línea y tierra. Estas pueden ser ocasionadas por descargas atmosféricas o contacto entre líneas (Línea-Tierra). Las fallas bifásicas, por otro lado, ocurren debido a la intervención de dos líneas o dos líneas y tierra. Las fallas trifásicas son causadas por la falla en tres líneas o tres líneas y tierra. Además, existen las definiciones de fallas simétricas y fallas asimétricas. Las fallas asimétricas involucran dos líneas, dos líneas y tierra, o una de las líneas y tierra. En contraste, las fallas simétricas, aunque menos frecuentes, intervienen las tres líneas y/o tierra [9]. Estas categorizaciones permiten una mejor comprensión y gestión de las diversas fallas que pueden presentarse en los sistemas eléctricos de potencia (Tabla 2), contribuyendo a una respuesta más efectiva y a la mitigación de los impactos en el servicio eléctrico.

Tabla 1. Clasificación general de fallas eléctricas.

TIPO		FASES			
		A	B	C	T
ASIMÉTRICAS	Monofásica	X			X
			X		X
				X	X
	Bifásica	X	X		
			X	X	
		X		X	
		X	X		X
Bifásica a Tierra		X	X	X	
	X		X	X	
	X		X	X	
SIMÉTRICAS	Trifásica	X	X	X	
	Trifásica a Tierra	X	X	X	X

Fuente: [15].

C. Norma IEC 60909

La norma IEC 60909, publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) [10], trata sobre el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas eléctricos de corriente alterna. Esta norma proporciona métodos y directrices para calcular las corrientes de cortocircuito en diferentes condiciones de falla dentro de los sistemas de energía eléctrica, tales como fallas trifásicas, bifásicas y monofásicas.

Aspectos clave de la norma IEC 60909

- **Métodos de Cálculo:** La IEC 60909 establece métodos precisos para calcular las corrientes de cortocircuito simétricas y asimétricas en redes de corriente alterna. Los cálculos tienen en cuenta diferentes configuraciones de red y condiciones de operación, incluyendo generadores, transformadores, líneas, cables y cargas.
- **Condiciones de Falla:** La norma considera diferentes tipos de fallas, tales como cortocircuitos trifásicos, bifásicos y monofásicos a tierra. Proporciona fórmulas y procedimientos específicos para cada tipo de falla.
- **Parámetros de Red:** La norma detalla cómo deben obtenerse y utilizarse los parámetros de la red eléctrica, incluyendo la impedancia de los componentes del sistema, las contribuciones de generadores y motores, y la influencia de la topología de la red.
- **Factores de Corrección:** La IEC 60909 introduce factores de corrección para tener en cuenta variaciones en la impedancia y otras condiciones que puedan afectar la precisión de los cálculos de corriente de cortocircuito.
- **Aplicaciones Prácticas:** La norma es utilizada por ingenieros de sistemas eléctricos para diseñar y analizar la protección del sistema eléctrico, asegurando que los dispositivos de protección, como interruptores automáticos y relés, estén correctamente dimensionados para manejar las corrientes de falla previstas.
- **Simulación y Modelado:** Aunque la norma proporciona métodos manuales de cálculo, también es común el uso de software de simulación que implementa los algoritmos especificados en la IEC 60909, permitiendo análisis más rápidos y precisos.

Beneficios de la norma IEC 60909

- **Seguridad y Fiabilidad:** Al proporcionar un método estandarizado para calcular corrientes de cortocircuito, la norma IEC 60909 contribuye a la seguridad y fiabilidad de los sistemas eléctricos, minimizando el riesgo de fallas catastróficas.
- **Diseño Optimizado:** Ayuda a los ingenieros a diseñar sistemas de protección que respondan de manera adecuada a las condiciones de cortocircuito, asegurando una interrupción mínima del servicio.
- **Compatibilidad Internacional:** Como estándar internacional, la IEC 60909 facilita la compatibilidad y consistencia en el diseño y operación de sistemas eléctricos en diferentes países y regiones.

D. Estructura de un Sistema de Protección

En la fig. 1 se muestra el sistema de protección dividido en dos partes principales: la Protección Primaria y la Protección de Respaldo. Cada una de estas partes tiene sus propias características, por un lado, la Protección Primaria se caracteriza por su actuación instantánea y su capacidad para aislar la falla de manera rápida. Por otro lado, la Protección de Respaldo opera en caso de que la protección primaria no funcione, con un tiempo de retardo y componentes independientes para asegurar su actuación [11].

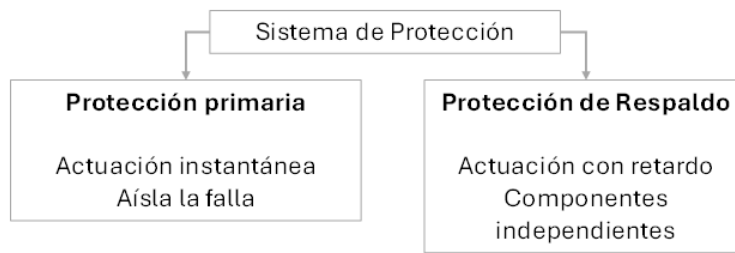


Fig 1. Estructura de un sistema de protección.

III. METODOLOGÍA

El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo y busca evaluar los ajustes de protección del sistema eléctricos según su tipología interna (distribución de cargas), y realizar un análisis de datos respectivo. Además, se trata de una investigación explicativa, con una muestra compuesta por cada alimentador del Sistema Eléctrico en la planta industrial Aglomerados Cotopaxi, los cuales son simulados independientemente para su evaluación. Se utilizó la técnica de modelamiento y simulación del comportamiento de los datos a través del uso del software de sistemas eléctricos. Para ello se consideró el software Electrical Transient and Analysis Program ETAP con sus módulos para cálculo de flujo de potencia, corriente de corto circuito y coordinación de protecciones. Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizó la estadística descriptiva, mediante el software, programa ETAP, Excel, para el análisis de los datos de coordinación y confiabilidad del sistema.

Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

- Modelamiento de los alimentadores del sistema eléctrico en el software especializado, en escenarios para su evaluación.
- Cálculo de flujo de carga (método de Newton Raphson, incluido en el software).
- Cálculo de corriente de cortocircuito en diferentes puntos.
- Análisis de coordinación de protección según la distribución de cargas.

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo necesario para la ejecución del modelo.

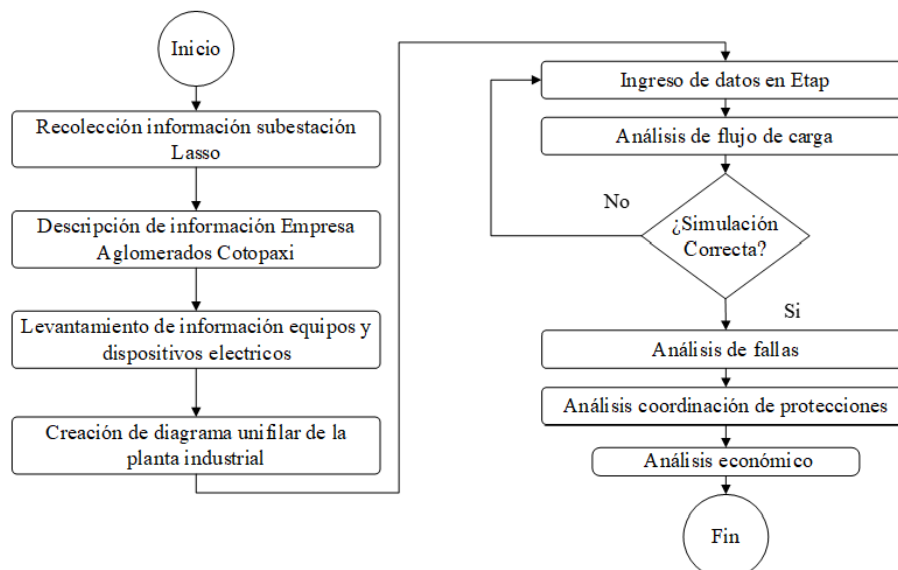


Fig 2. Diagrama de funcionamiento del modelo.

IV. RESULTADOS

A. Suministro de energía

La subestación Lasso cuenta con un nivel de voltaje de entrada 69KV y salida 13,8KV, potencia de cortocircuito 280,37 MVA_{sc} 11,73kA_{sc} Trifásico, dispone de un transformador T1_20MVA con cinco salidas, cuya área de concesión pertenece a la empresa eléctrica de Cotopaxi ELEPCO S.A. La salida 5 del transformador alimenta a la planta industrial Aglomerados Cotopaxi, cuyas características se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación general de fallas eléctricas.

Transformador subestación						
Transformador	Voltaje primario kV	Voltaje secundario kV	Potencia nominal	Grupo de conexión	Z%	Δv - tap
T1 Lasso	69	13.8	20	Dyn1	7.13%	+/- x 2.5%-3

B. Transformadores y equipos eléctricos

La planta tiene una demanda máxima de 5,4MW diarios, tiene además un sistema eléctrico de alimentación en medio voltaje a 13,8kV desde la subestación Lasso, y una potencia instalada de 9,75MVA. El suministro de energía eléctrica hacia la planta industrial Aglomerados Cotopaxi se encuentra instalado mediante líneas áreas en medio voltaje 13,8kV con conductor desnudo de aluminio tipo ACSR # 4/0 AWG para las tres fases y con conductor desnudo de aluminio tipo ACSR # 2/0 AWG para el neutro, hasta llegar a un conmutador manual de alta tensión del cual se deriva dos salida áreas con conductor desnudo de aluminio tipo ACSR # 3/0 AWG para las fases y neutros hasta llegar a los cuartos de transformadores.

Los tramos finales a los cuartos de transformadores se encuentran instalados mediante líneas subterráneas con nivel de voltaje 13,8kV con conductor CEAT GENERAL 1996 XLPE MV 90°C 25KV 100% 2AWG para las tres fases y conductor desnudo de cobre 2AWG para la tierra. Los transformadores existentes en la planta industrial operativo de medio a bajo voltaje: 2000kVA, 1500kVA, 2500kVA, 2000kVA, 1000kVA, 750kVA. Por otra parte, los relés de protección digital de sobreintensidad y protección de sobrecarga ubicados en la salida 5 de la subestación Lasso son del tipo SIEMENS 7SJ600 50/51 2X150/5A CL. 5P20 15 VA, ION 7650 TC-L5 2X150/5A CL. 0,5 F55 20 VA. Así mismo, se trató de interruptores de baja tensión ubicados aguas abajo de los transformadores en baja tensión.

C. Simulación del Diagrama Unifilar

En esta etapa se realiza inicialmente la modelación del sistema eléctrico en el software ETAP en base al diagrama unifilar de la empresa. En este sentido, se propone inicialmente el cálculo de flujo de potencia para definir los estados de carga del sistema. Posteriormente, luego de una validación del modelo se procede a la ejecución del cálculo de fallas de cortocircuito en las barras, de forma que se pueda identificar inicialmente los puntos críticos del sistema y además de la correcta operación de la coordinación de protecciones. La tabla 3 muestra los datos técnicos de los transformadores de dos devanados utilizados en la investigación.

Tabla 3. Datos de transformadores de 2 devanados en ETAP.

Transformador		Clase					Ajuste	Cambio de fase	
ID	Fase	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z1	X1/R1	% Z	Tipo	Angulo
T1_1000kVA	Trifásico	1000	13,800	0.440	5.75	5.79	5.7500	Dyn	0,000
T2_1500kVA		1.500		0.440		7.10			
T3_2500kVA		2.500		6.300		10.67			
T5_2000kVA		2.000		0.440		7.10			
T6_750kVA		0.750		0.440		3.96			

D. Estudio de Coordinación de Protecciones

En esta tercera etapa se procede a realizar los diferentes estudios necesarios para la coordinación de protecciones en base a los análisis anteriores, de forma que se definan aspectos como de la operación de los diferentes elementos de protección del sistema.

En la Tabla 4 se puede observar que el fallo trifásico en la barra indica contribuciones de diferentes barras a la barra destino, que es Bus3. En el primer ciclo y medio (1/2 ciclo), Bus3 muestra una contribución significativa con una corriente simétrica de magnitud de 10,254 kA, con componentes reales e imaginarios de 2,967 kA y -9,815 kA respectivamente, resultando en una relación imaginario/real de 3,3. Comparativamente, Bus2 contribuye con una corriente simétrica de 9,896 kA y una relación imaginaria/real de 3,2, lo que sugiere una alta magnitud de corriente similar a Bus3 pero ligeramente inferior. Bus4 y Bus37 presentan contribuciones insignificantes en este ciclo, con magnitudes de corriente simétrica de 0,365 kA y 0,000 kA respectivamente, y con valores extremadamente altos de la relación imaginario/real debido a la baja corriente real.

Tabla 4. Resultados de falla trifásica para la barra 3.

Fallo trifásico en barra											
Contribución		1/2 Ciclo					1,5 a 4 Ciclo				
Barra origen ID	Barra destino ID	% V Barra origen	kA Real	kA Imaginario	Imag./Real	kA Symm. Magnitud	% V Barra origen	kA Real	kA Imaginario	Imag./Real	kA Symm. Magnitud
Bus3	Total	0,00	2,967	-9,815	3,3	10,254	0,00	2,946	-9,684	3,3	10,122
Bus2	Bus3	18,30	2,933	-9,452	3,2	9,896	18,30	2,933	-9,452	3,2	9,896
Bus4	Bus3	0,29	0,033	-0,364	10,9	0,365	0,18	0,013	-0,232	18,5	0,232
Bus37	Bus3	0,00	0,000	0,000	999,9	0,000	0,00	0,000	0,000	999,9	0,000

Entre los ciclos 1,5 a 4, las contribuciones siguen una tendencia similar, aunque con ligeras disminuciones en la magnitud de las corrientes simétricas. Bus3 nuevamente tiene una alta contribución con 10,122 kA, y Bus2 mantiene su contribución con 9,896 kA, mostrando consistencia en sus valores. Bus4 presenta una disminución en la magnitud de la corriente simétrica a 0,232 kA y una relación imaginaria/real elevada a 18,5, lo que indica una mayor predominancia de la componente imaginaria en la corriente. La contribución de Bus37 sigue siendo nula. Estas observaciones indican que, en términos de estabilidad y robustez del sistema, Bus3 y Bus2 son los principales contribuidores en ambos periodos, con Bus4 y Bus37 siendo de menor relevancia.

En términos de voltaje en la barra origen, tanto Bus3 como Bus2 comienzan con un voltaje del 0% en la barra origen, lo que sugiere una caída total del voltaje durante el fallo. Bus4 muestra una ligera variación con un voltaje del 0,29% al inicio y 0,18% después del primer ciclo y medio, indicando una pequeña contribución de voltaje durante el fallo. En resumen, Bus3 y Bus2 son los elementos críticos para considerar durante un fallo trifásico en la barra debido a sus altas contribuciones de corriente, mientras que las contribuciones de Bus4 y Bus37 son mínimas y prácticamente insignificantes para la estabilidad y manejo del sistema durante el evento de fallo.

Además, el fallo de línea a línea mostró la contribución de diferentes barras a la barra destino ID, Bus3, en términos de voltaje y corriente. En términos de voltaje, tanto Bus3 como Bus4 mantuvieron casi el 100% del voltaje en la fase Va (99,88%), lo que indica una mínima caída de voltaje en esa fase. Sin embargo, en las fases Vb y Vc, hubo una caída significativa del voltaje, con magnitudes alrededor del 50% y ángulos de -180 grados, lo que es típico de un fallo de línea a línea. La diferencia en los ángulos de las fases es una indicación clara del tipo de fallo y su impacto en el sistema.

En cuanto a la corriente, la contribución más significativa proviene de Bus3 y Bus2, con corrientes en las fases Ib e Ic de aproximadamente 8,890 kA y 8,569 kA, respectivamente. Las corrientes de secuencia positiva (I1) y negativa (I2) para Bus3 son iguales, 5,133 kA, lo que indica un fallo simétrico. Por otro lado, Bus2 muestra corrientes de secuencia ligeramente diferentes, 4,954 kA (I1) y 4,942 kA (I2), lo que sugiere una pequeña asimetría en el fallo. Bus4 presenta una contribución menor, con corrientes de secuencia de 0,183 kA (I1) y 0,194 kA (I2), lo que indica una participación mínima en el evento de fallo.

Bus37 no muestra contribuciones de corriente significativas en ninguna de las fases ni en las corrientes de secuencia, indicando que esta barra no es un factor relevante en el evento de fallo. En resumen, los datos sugieren que Bus3 y Bus2 son las barras principales afectadas y contribuyentes en el fallo de línea a línea en Bus3, mientras que Bus4 y Bus37 tienen una influencia mínima. La simetría en las corrientes de secuencia para Bus3 y la ligera asimetría en Bus2 reflejan la naturaleza y el impacto del fallo, proporcionando una visión clara de cómo el sistema maneja y distribuye las corrientes durante el evento.

También se pudo observar que el mayor aporte de la corriente de cortocircuito se da en la barra 3 con un valor aproximado de 8,89 kA en las fases b y c, en cuanto al aporte de la barra 2 es de 8,56 kA aproximadamente en las fases b y c, y finalmente el aporte de la barra 4 es de 0,32 kA aproximadamente de igual manera en las fases b y c. Por otro lado, la barra 3 tiene el mayor aporte de la corriente de cortocircuito con un valor aproximado de 8,86 kA para las fases b y c, por otra parte, se tiene valores de aporte de corriente de falla de 0,81 y 0,33 kA para las barras 2 y 4 respectivamente para las fases b y c. Para el caso de los resultados de la falla monofásica, se observó que el mayor aporte de corriente de falla se da en la barra 3 con un valor aproximado de 2,06 kA en la fase a.

CONCLUSIONES

En función del análisis de los fallos trifásico y de línea a línea, se pueden extraer varias conclusiones clave sobre el comportamiento del sistema eléctrico y la contribución de cada barra al fallo. Primero, los datos indican que Bus3 y Bus2 son las barras más críticas durante los eventos de fallo, tanto en términos de corrientes significativas como de impacto en el voltaje. En el fallo trifásico, Bus3 muestra la mayor contribución de corriente simétrica, seguida de cerca por Bus2, lo que resalta su importancia en la estabilidad del sistema. Las contribuciones mínimas de Bus4 y la falta de contribución de Bus37 indican que estas barras tienen un impacto limitado en la respuesta del sistema a fallos de alta magnitud.

En el análisis del fallo de línea a línea, se observa que las fases Vb y Vc experimentan una caída significativa del voltaje, típica de este tipo de fallo. Las corrientes en las fases Ib e Ic de Bus3 y Bus2 son las más altas, lo que nuevamente subraya su papel crucial en la respuesta del sistema. Las corrientes de secuencia positiva y negativa para Bus3 son iguales, indicando un fallo simétrico, mientras que Bus2 muestra una ligera asimetría. Esto sugiere que Bus2 podría ser más vulnerable a variaciones en el tipo de fallo, lo cual es importante para planificar medidas de mitigación y protección.

Los resultados del análisis muestran que Bus3 y Bus2 son los componentes más relevantes en la respuesta del sistema a fallos tanto trifásicos como de línea a línea. Las caídas de voltaje significativas en Vb y Vc y las corrientes elevadas en las fases correspondientes destacan la necesidad de enfoques específicos para fortalecer estas barras y mejorar la robustez del sistema. Por otro lado, la baja contribución de Bus4 y la nula participación de Bus37 sugieren que estos elementos no son críticos para la estabilidad general del sistema, permitiendo enfocar los esfuerzos de mejora en las barras más impactadas. Estos hallazgos son cruciales para la planificación de mejoras en la infraestructura eléctrica y la implementación de estrategias de protección y mitigación de fallos.

De acuerdo con el módulo de ETAP de coordinación de protecciones se ha establecido valga la redundancia, la coordinación del sistema de protecciones de la empresa, considerando su actuación frente a la eventualidad de fallas de cortocircuito en una determinada barra del sistema, en donde se visualiza el tiempo de actuación de la protección, en consecuencia, de las configuraciones realizadas.

Se pudo observar la influencia de coordinación protecciones en un sistema eléctrico y la generación de pérdidas económicas, también los daños prematuros en los componentes eléctricos.

REFERENCIAS

- [1] J. J. Grainger y W. D. Stevenson, *Análisis de sistemas de potencia*, México: McGraw-Hill, 1996, pp. 441-463.
- [2] P. Ponce Cruz, *Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería*, México: Alfaomega, 2010, pp. 193-202.
- [3] J. R. Salazar, «Sistemas de Tierra en líneas de transmisión,» Veracruz, 2010.
- [4] L. P. Bautista Fernández, «Identificación de 11 tipos de fallas en líneas de transmisión de alta tensión utilizando redes neuronales,» Bucaramanga, 2018.
- [5] F. A. Guevara Uvidia y W. M. Morocho Luco, «Análisis Causal de Fallas y Costos de Operación y Mantenimiento del Sistema de Distribución Eléctrico de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. en la Ciudad de Riobamba,» Riobamba, 2016.
- [6] F. Rodríguez Melian y D. García, «Diagnóstico de Fallos y condiciones anormales de trabajo en líneas de transmisión con el empleo de redes neuronales artificiales,» REDALYC, 2011.
- [7] CONELEC, «Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución. REGULACIÓN No. CONELEC-004/01,» Quito, 2001.
- [8] M. Blanke, R. J. Patton, F. Kraus, C. Frei y M. Staroswiecki, «What is Fault-Tolerant Control,» IFAC Proceedings Volumes (IFAC Papers-OnLine), vol. 33, n° 11, 2000.
- [9] Y. A. García Aguilar, «Implementación de Relés Numéricos en la Subestación Convento 230 kV de la Electricidad de CaracaS,» Sartenejas, 2010.
- [10] IEC, «Comisión Electrotécnica Internacional,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.normadoc.com/spanish/normas/normas-internacionales/iec-1.html>.
- [11] C. R. Pogo Jordan, «Modelación y Simulación en Estado Estable del Sistema Eléctrico de la Central Hidroeléctrica Manduriacu en el Software ETAP,» Quito, 2019.

LOS AUTORES

Luis Franklin Casa Chancusig recibió su título de Ingeniero en Sistemas Eléctricos de Potencia de la Universidad Técnica de Cotopaxi en 2012, Actualmente, se encuentra cursando sus estudios de Master en la Universidad Técnica de Cotopaxi, y su campo de investigación se encuentra relacionado con los Sistema Eléctricos de Potencia.



José Efrén Barbosa Galarza recibió su título de Ingeniero Electrónico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito en 2002; de Magister en Ingeniería Industrial de la Escuela Politécnica Nacional, Quito en 2012. Sus campos de investigación están relacionados con la Optimización de procesos industriales utilizando tecnologías en base a microprocesadores.



Carlos Iván Quinatoa Caiza es ingeniero en sistemas eléctricos de potencia de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira y aspirante a doctor en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela. Ho logrado realizar estos últimos mediante la obtención de la beca alemana DAAD.

Artículo de revisión bibliográfica

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.173>

Enfoques actuales del aprendizaje significativo que complementan la construcción del conocimiento en el proceso de la comprensión lectora

Jaqueline Llive*
<https://orcid.org/0009-0003-0267-8579>
jallive@uce.edu.ec
Escuela Gustavo Jaramillo, UCE
Quito, Ecuador

Dilia Camacho
<https://orcid.org/0009-0007-0471-9847>
diliacamacho@gmail.com
Universidad Nacional Experimental de Guayana
UNEG
Quito, Ecuador

*Autor de correspondencia: jallive@uce.edu.ec

Recibido (13/06/2024), Aceptado (21/08/2024)

Resumen: En este trabajo se realizó una revisión documental para conocer las nuevas metodologías educativas que contribuyen al aprendizaje significativo en comprensión lectora. Para ello, se han analizado un conjunto de documentos académicos regionales e internacionales, publicados en diferentes escenarios del mundo, que se han considerado un enfoque y aporte relevante para este trabajo. Además, se han explorado las teorías de Ausubel y Schunk para contrastar las mejores herramientas a considerar para formular nuevas propuestas educativas que contribuyan a mejorar la comprensión lectora de los niños de primaria. Los principales resultados muestran que una combinación metodológica es la más adecuada para argumentar una nueva propuesta que mejore la comprensión lectora y permita un aprendizaje significativo y duradero.

Palabras clave: teorías del aprendizaje, metodologías educativas, teoría de Ausubel, teoría de Schunk.

Current approaches to meaningful learning that complement the
construction of knowledge in the process of reading
comprehension

Abstract.- In this work, a documentary review was carried out to know the new educational methodologies that contribute to significant learning in reading comprehension. For this purpose, a set of regional and international academic documents, published in different scenarios worldwide, have been analyzed and considered a relevant approach and contribution to this work. In addition, the theories of Ausubel and Schunk have been explored to contrast the best tools to consider to formulate new educational proposals that contribute to improving the reading comprehension of elementary school children. The main results show that a methodological combination is the most adequate to argue for a new proposal that enhances reading comprehension and allows meaningful and lasting learning.

Keywords: learning theories, educational methodologies, Ausubel's theory, Schunk's theory.

I. INTRODUCCIÓN

La comprensión lectora es un proceso cognitivo complejo que implica no solo la decodificación de palabras y frases, sino también la interpretación y análisis profundo del significado del texto. Para que ocurra una comprensión efectiva, el lector debe relacionar la información nueva con su conocimiento previo, lo que le permite interpretar el contenido en un contexto más amplio. Según Kintsch & van Dijk [1], la comprensión lectora se produce en varios niveles, desde la comprensión literal hasta la integración crítica y evaluativa de la información. Este proceso involucra habilidades como la inferencia, la identificación de ideas principales, la síntesis de información y la capacidad de realizar conexiones significativas entre diferentes partes del texto. Por otra parte, en el ámbito educativo, la comprensión lectora es fundamental no solo para el éxito académico, sino también para el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas en situaciones de la vida cotidiana.

El aprendizaje significativo es un enfoque pedagógico que promueve una profunda comprensión y retención del conocimiento al conectar la nueva información con los conocimientos previos del estudiante. En este sentido, este enfoque ha demostrado ser especialmente eficaz al permitir que los estudiantes no solo lean y comprendan textos, sino que también integren de manera crítica el contenido con su experiencia personal y académica. Según Ausubel [2], el aprendizaje significativo ocurre cuando la información nueva se asocia con conceptos ya existentes en la estructura cognitiva del estudiante, facilitando una retención duradera y significativa. Esta teoría ha sido base para muchas estrategias pedagógicas contemporáneas que buscan mejorar la comprensión lectora en entornos educativos diversos.

Uno de los enfoques clave que complementan el aprendizaje significativo es el aprendizaje basado en problemas (ABP), que permite a los estudiantes trabajar en proyectos reales que requieren una comprensión profunda de los textos. Según Loyens et al. [3], el ABP fomenta la autonomía del alumno y su capacidad de aplicar el conocimiento, lo que a su vez fortalece la comprensión lectora. Este tipo de aprendizaje contextualizado facilita que los estudiantes procesen y utilicen la información textual en situaciones reales, incrementando su capacidad de análisis y síntesis de información.

El uso de tecnologías de la información y comunicación (TICs) también ha transformado el proceso de comprensión lectora dentro del marco del aprendizaje significativo. Según investigaciones recientes, las TICs no solo ofrecen acceso a múltiples fuentes de información, sino que también permiten a los estudiantes interactuar con el contenido de formas más dinámicas y colaborativas. De esta manera, las plataformas digitales y herramientas interactivas permiten a los estudiantes analizar, discutir y co-crear significados a partir de los textos, enriqueciendo la experiencia de aprendizaje y consolidando el conocimiento adquirido.

En los últimos años, los enfoques como el aprendizaje colaborativo y el aula invertida han ofrecido oportunidades para que los estudiantes discutan y reflexionen colectivamente sobre lo que leen. Algunos autores Johnson & Johnson [4] afirman que la interacción social y el trabajo en equipo facilitan la comprensión lectora al permitir la construcción compartida del conocimiento. De esta manera, en el aula invertida, los estudiantes acceden a los textos antes de la clase, lo que les permite reflexionar a su propio ritmo y luego participar en actividades que refuerzan su comprensión. Estas estrategias, combinadas con el enfoque significativo, han demostrado ser eficaces para mejorar la lectura crítica y la comprensión profunda. En este trabajo se han analizado las nuevas metodologías educativas que fomentan el aprendizaje significativo, haciendo énfasis en la comprensión lectora.

II. DESARROLLO

Hasta hace algunos años, las metodologías educativas para lograr un aprendizaje significativo estaban centradas principalmente en enfoques tradicionales, donde el maestro era el centro del proceso de enseñanza, y los estudiantes adoptaban un rol más pasivo, limitándose a recibir y memorizar información. Este modelo, conocido como la enseñanza centrada en el docente, se basaba en la transmisión unidireccional de conocimientos, con poca participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Según Freire [5], este enfoque es característico de lo que él denomina "educación bancaria", en la que los alumnos son vistos como recipientes vacíos que el docente debe llenar con conocimientos, lo cual reduce la posibilidad de construir un aprendizaje realmente significativo.

En este tipo de metodologías, el principal objetivo era la adquisición de información, a menudo evaluada mediante exámenes estandarizados, sin un enfoque en la comprensión profunda ni en la aplicación práctica del conocimiento adquirido. Como resultado, los estudiantes a menudo lograban una retención superficial de los contenidos, sin que se produjera un verdadero cambio en sus estructuras cognitivas, sin embargo, en otros escenarios como las escuelas politécnicas han logrado importantes desarrollos con la educación tradicional, alcanzando profesionales de muy alto nivel. Por su parte, Ausubel [2], uno de los pioneros en la teoría del aprendizaje significativo, señala que este tipo de enseñanza favorece el aprendizaje memorístico, donde la información nueva se almacena de manera aislada, sin integrarse con los conocimientos previos del estudiante, lo que dificulta su comprensión y retención a largo plazo.

Por otra parte, uno de los autores más conocidos por su apoyo a la educación tradicional fue E. D. Hirsch Jr. [6], un educador y académico estadounidense. Este autor es el defensor más destacado del conocimiento cultural básico y el aprendizaje centrado en el contenido, una postura que está alineada con los principios de la educación tradicional. Además, argumenta que para que los estudiantes puedan participar plenamente en la sociedad, deben tener un conocimiento común de hechos y conceptos fundamentales que les permita interpretar textos y participar en debates sociales. Hirsch defendía la idea de que una educación basada en un currículo fijo, estandarizado y basado en el contenido es crucial para desarrollar las habilidades cognitivas de los estudiantes.

Otro científico destacado es Lev Vygotsky [7], un psicólogo ruso que desarrolló una teoría sociocultural del aprendizaje y la construcción del conocimiento. Para él, el conocimiento no es algo que el individuo adquiere de manera aislada, sino que se construye a través de la interacción social y el entorno cultural. Una de sus ideas clave es el concepto de la "zona de desarrollo próximo" (ZDP), que se refiere a la distancia entre lo que un individuo puede hacer por sí mismo y lo que puede lograr con la ayuda de otros, como maestros o compañeros más avanzados. Según esta teoría, el aprendizaje es más efectivo cuando se da en este espacio intermedio, donde el estudiante recibe apoyo, conocido como "andamiaje", para superar retos y desarrollar nuevas habilidades.

La teoría de Vygotsky enfatiza que el lenguaje y las herramientas culturales juegan un papel fundamental en la construcción del conocimiento. A través de la comunicación, los individuos no solo transmiten información, sino que también reorganizan sus pensamientos y aprenden a pensar de manera más abstracta y compleja. En este sentido, el conocimiento se construye colectivamente y se interioriza a nivel individual. Así, para Vygotsky, el aprendizaje no es un proceso lineal ni pasivo, sino una experiencia dinámica y profundamente influenciada por el contexto social y cultural en el que el individuo se desarrolla.

A medida que se reconoció la necesidad de promover un aprendizaje más profundo y duradero, comenzaron a surgir nuevas metodologías centradas en el estudiante. Estos enfoques buscan que el alumno juegue un papel activo en la construcción de su propio conocimiento, lo que implica una mayor participación, reflexión crítica y aplicación práctica de lo aprendido. Entre las metodologías que empezaron a ganar terreno están el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje colaborativo, y la enseñanza basada en proyectos, todas ellas dirigidas a crear conexiones significativas entre el nuevo conocimiento y las experiencias previas de los estudiantes. Estos enfoques no solo promueven la comprensión lectora y el análisis crítico, sino que también fomentan el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y pensamiento autónomo [3].

Hoy en día, las metodologías centradas en el aprendizaje significativo han evolucionado aún más con la integración de tecnologías educativas, como las plataformas digitales y las herramientas interactivas. Estas tecnologías permiten un acceso más dinámico y colaborativo al contenido, facilitando el aprendizaje personalizado y adaptativo. El enfoque actual se orienta a la creación de entornos de aprendizaje activos y participativos, donde los estudiantes no solo asimilan información, sino que la aplican en contextos reales, desarrollando así una comprensión más profunda y significativa del contenido [4].

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica para conocer las nuevas estrategias metodológicas que aportan a la educación y al aprendizaje significativo. En este sentido, las preguntas que rigieron esta investigación se describen en la siguiente lista:

1. ¿Qué evidencia existe sobre la efectividad de las metodologías basadas en proyectos para mejorar la comprensión lectora en educación primaria?
2. ¿Cómo han evaluado diferentes estudios el impacto del aula invertida en la comprensión lectora y la retención de información?
3. ¿Qué conclusiones se extraen sobre el uso de tecnologías digitales para fomentar la comprensión lectora en las revisiones bibliográficas recientes?
4. ¿Qué patrones comunes se observan en el uso del aprendizaje colaborativo como estrategia para mejorar la comprensión lectora?

Para la selección de documentos se consideraron los criterios de inclusión descritos en la tabla 1, que permitieron llevar a cabo una búsqueda específica, clara y actualizada.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión en la clasificación de los documentos revisados protección.

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Estudios publicados en los últimos 5 años.	Estudios anteriores a 5 años, salvo revisiones clave.
Artículos que aborden metodologías activas para el aprendizaje significativo.	Artículos que no aborden la comprensión lectora o aprendizaje significativo.
Investigaciones centradas en la comprensión lectora en educación primaria.	Estudios en niveles educativos no relacionados (como secundaria o superior).
Artículos revisados por pares en revistas académicas reconocidas.	Investigaciones no revisadas por pares o publicaciones no académicas.
Estudios en inglés y español.	Artículos en otros idiomas sin traducción accesible.
Artículos de acceso abierto	Artículos de acceso no abierto

La tabla 2, permite evaluar la calidad de los artículos seleccionados en la revisión bibliográfica considerando criterios específicos relacionados con la efectividad y relevancia de las nuevas metodologías en el aprendizaje significativo.

Tabla 1. Criterios de calidad para la selección de artículos.

N.º	Preguntas de evaluación de la calidad	Respuesta
QA1	¿El artículo describe metodologías activas para el aprendizaje significativo en la comprensión lectora?	(+1) Yes / (+0) No
QA2	¿El estudio detalla cómo estas metodologías mejoran las habilidades de comprensión lectora en estudiantes?	(+1) Yes / (+0) No
QA3	¿El artículo incluye un análisis empírico o pruebas cuantitativas sobre la efectividad de las metodologías?	(+1) Yes / (+0) No
QA4	¿Se discuten las limitaciones y desafíos de implementar estas metodologías en la educación primaria?	(+1) Yes / (+0) No
QA5	¿El artículo fue publicado en una revista indexada en Scopus o SCImago (SJR)?	(+1) if Q1, (+0.75) if Q2, (+0.50) if Q3, (+0.25) if Q4, (+0.0) if not ranked.

Para la selección final de documentos se utilizó la metodología PRISMA (Figura 1), que permite una depuración detallada y clara sobre los documentos evaluados y seleccionados.

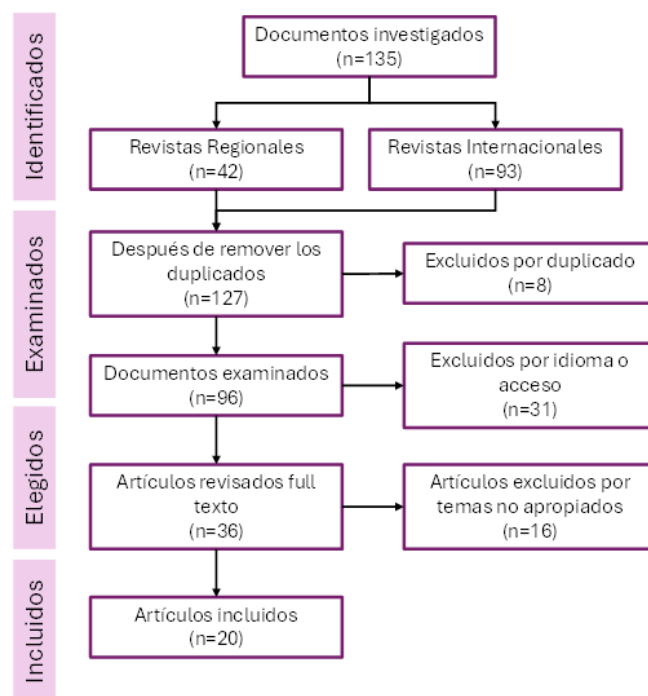


Fig 1. Metodología PRISMA realizada.

IV. RESULTADOS

Una vez realizada la revisión bibliográfica, se pudo conocer a profundidad, la importancia, relevancia y aplicación de las nuevas metodologías educativas para la comprensión lectora en niños de primaria, pero logrando un aprendizaje significativo.

A. Resultados de la búsqueda bibliográfica

En la figura 2 se muestran las principales revistas revisadas y que brindan un aporte a las teorías analizadas. Las revistas incluyen, entre otras, Educational Technology & Society, Computers & Education, y Journal of Engineering Education.

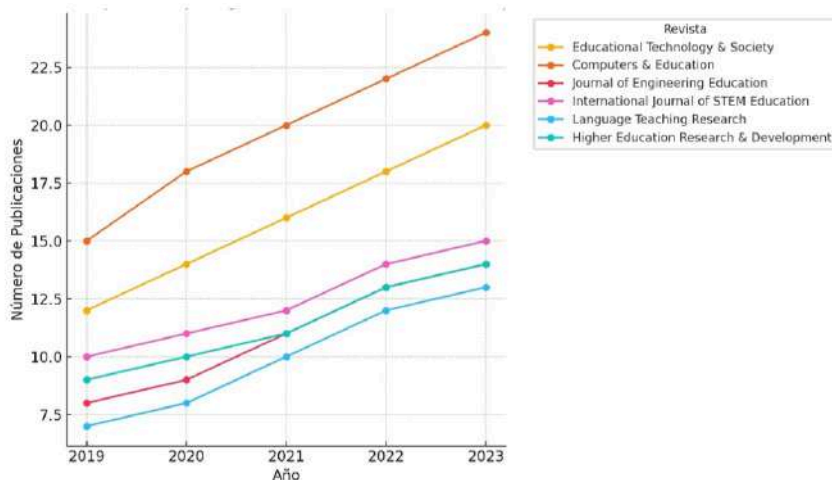


Fig 1. Principales publicaciones realizadas sobre el aprendizaje significativo.

Otro de los aportes encontrados en la revisión fueron los descritos en la tabla 3, donde se observan los trabajos publicados y sus contribuciones al aprendizaje significativo.

Tabla 3. Principales publicaciones realizadas sobre el aprendizaje significativo.

País, Año	Título del artículo	Aporte
Malaysia 2024	Problem-based learning in an online course: A case study [8]	Implementación del ABP para fomentar la resolución de problemas complejos.
Reino Unido 2024	Exploring the effectiveness of flipped classroom on STEM student achievement: A meta-analysis [9]	Uso del aula invertida para mejorar el aprendizaje en asignaturas STEM.
Tailandia 2019	Innovative Strategies and Future Trends: The Next Paradigm of Education Management [10]	Aprendizaje colaborativo en entornos virtuales, promoviendo la construcción colectiva del conocimiento.
Canadá 2024	The Role of Technology in Enhancing Learning in Secondary Schools [11]	Integración de tecnología para mejorar la retención y el compromiso de los estudiantes.
Chile 2024	Effectiveness of challenge-based learning in undergraduate engineering programs from competencies and gender perspectives [12]	Aprendizaje basado en desafíos (CBL) no solo fomenta habilidades técnicas y de resolución de problemas, sino que también promueve la equidad de género en entornos educativos STEM.
Australia 2024	STEM Graduation Trends and Educational Reforms: Analyzing Factors and Enhancing Support [13]	Estrategias de aprendizaje activo para mejorar la participación de estudiantes de ingeniería.
Malaysia 2023	Integrating Critical Thinking in Primary Education Through PBL [14]	Desarrollo del pensamiento crítico en educación primaria mediante ABP.
Lituania 2022	Strengthening student engagement in learning through use of digital tools [15]	Herramientas digitales para fomentar el compromiso y la motivación de los estudiantes.

Por otra parte, en la tabla 4 se muestran los principales aportes encontrados en las metodologías educativas para la comprensión lectora.

Tabla 4. Aportes en la comprensión lectora.

Año	Título del artículo	Aporte
Indonesia, 2024	Implementation of innovative learning strategies to improve children's basic skills in raudhatul athfal karang jetak cisait, kragilan district, in serang regency [16]	Implementación del aprendizaje basado en proyectos para mejorar la comprensión lectora en niños.
Indonesia, 2024	Analysis of Teaching Methods in the Classroom Inclusive for Increase Student Science Literacy Elementary school. [17]	Aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de lectura en la primera infancia.
Noruega, 2024	Transformative Learning: Flipped Classroom and Its Impact on Writing Skill and Critical Thinking Level [18]	Uso del aula invertida para mejorar la alfabetización y comprensión lectora en primaria.
Turquía, 2023	The Effect of Using Digital Stories in Primary School Language Lessons on 4th-Grade Students' Reading Comprehension Skills [19].	Narración digital como herramienta para aumentar la comprensión lectora en niños.
Ecuador, 2023	Design of a serious game for the improvement of reading comprehension through the IPLUS methodology [20]	Gamificación como estrategia para motivar y mejorar la comprensión lectora en estudiantes jóvenes.

A. Resultados de las metodologías educativas

Una vez realizada la revisión documental, se pudo encontrar que las principales metodologías educativas actuales que aportan al aprendizaje significativo de la comprensión lectora son las siguientes:

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una de las metodologías educativas más efectivas para promover el aprendizaje significativo en la comprensión lectora de los niños en primaria. En este enfoque, los estudiantes trabajan en proyectos a largo plazo que requieren investigar, leer, analizar y aplicar lo que han aprendido a situaciones reales. Este proceso implica no solo la lectura de textos relacionados con los proyectos, sino también la creación de productos o soluciones concretas basadas en lo que han leído y comprendido. El ABP ayuda a los estudiantes a conectar lo que leen con el mundo real, lo que facilita la comprensión profunda de los textos y aumenta su motivación para aprender.

Aula Invertida (Flipped Classroom)

Otra metodología emergente que ha demostrado ser eficaz en el desarrollo de la comprensión lectora es el Aula Invertida (Flipped Classroom). En este enfoque, los estudiantes realizan la parte más pasiva del aprendizaje, como la lectura de textos o la visualización de videos, en casa. Posteriormente, en el aula, el tiempo se dedica a actividades interactivas y prácticas, como la discusión, el análisis en profundidad o la aplicación del contenido leído. Además, esta metodología, promueve un enfoque más activo y participativo en el aula, ya que los estudiantes llegan con una base de comprensión previa que pueden aplicar y expandir durante las actividades. En cuanto a la comprensión lectora, este método permite a los estudiantes procesar los textos a su propio ritmo en casa y luego discutir y analizar colectivamente en el aula, lo que facilita una comprensión más profunda y compartida del material. Además, el Aula Invertida fomenta la autoeficacia, ya que los estudiantes se vuelven más responsables de su propio proceso de aprendizaje.

Aprendizaje Colaborativo

El Aprendizaje Colaborativo es otra metodología clave para mejorar la comprensión lectora en los niños de primaria. En este enfoque, los estudiantes trabajan en grupos pequeños para leer y discutir textos, lo que les permite compartir sus ideas y puntos de vista, además de desarrollar estrategias lectoras a través de la interacción social. Además, facilita que los estudiantes intercambien interpretaciones y confronten diferentes perspectivas, lo que enriquece su comprensión del texto. Al trabajar en equipo, los estudiantes tienen la oportunidad de aprender unos de otros y reforzar su comprensión lectora de manera significativa. Además, la colaboración les ayuda a desarrollar confianza en sus habilidades lectoras y en su capacidad para resolver problemas a través de la lectura compartida.

Gamificación

La Gamificación es una metodología innovadora que utiliza los elementos de los juegos (como recompensas, desafíos y reglas) para motivar a los estudiantes a aprender y mejorar su comprensión lectora. Los juegos educativos y las plataformas de aprendizaje gamificadas invitan a los niños a participar activamente en el proceso de lectura, estableciendo metas y desafíos que deben superar al leer y comprender textos. Además, el uso de recompensas o niveles les da una retroalimentación inmediata, ayudándoles a identificar sus áreas de mejora y reforzar sus fortalezas. Esta metodología es especialmente efectiva para aquellos estudiantes que necesitan una motivación adicional para participar activamente en el aprendizaje.

Tecnología y Narración Digital

El uso de tecnologías digitales, como la narración digital, también está transformando la comprensión lectora en la educación primaria. La narración digital permite a los estudiantes crear sus propias historias utilizando herramientas multimedia que combinan texto, imágenes, sonido y video. Este enfoque facilita una comprensión más profunda de los textos, ya que los estudiantes deben analizar, interpretar y reorganizar la información para crear su propia historia. Además, el uso de herramientas digitales les permite practicar habilidades tecnológicas clave al mismo tiempo que desarrollan su comprensión lectora. La narración digital ofrece una forma innovadora y atractiva de hacer que los estudiantes participen activamente en la lectura y la escritura, promoviendo un aprendizaje significativo.

Técnicas Metacognitivas

Las técnicas metacognitivas son una estrategia clave para mejorar la comprensión lectora. Estas técnicas enseñan a los estudiantes a reflexionar sobre su propio proceso de lectura, identificando qué estrategias funcionan mejor para ellos y ajustando su enfoque cuando encuentran dificultades. Los maestros pueden guiar a los estudiantes en la aplicación de estrategias metacognitivas como la predicción, la elaboración de preguntas o la síntesis de información. Al ser conscientes de su proceso de lectura, los estudiantes pueden identificar sus propias debilidades y fortalezas, lo que les permite mejorar su comprensión de manera más efectiva. Las técnicas metacognitivas ayudan a los niños a convertirse en lectores más autónomos y estratégicos, capaces de enfrentarse a textos más complejos con confianza.

C. Contrastes de las teorías del aprendizaje significativo

David Ausubel: Teoría del Aprendizaje Significativo

David Ausubel es conocido por su teoría del aprendizaje significativo, desarrollada en los años 60. Según Ausubel, el aprendizaje significativo ocurre cuando la nueva información se conecta de manera coherente con los conocimientos previos del estudiante. En lugar de memorizar hechos de forma aislada (aprendizaje memorístico), Ausubel sostenía que el verdadero aprendizaje se produce cuando los estudiantes pueden integrar la nueva información en su estructura cognitiva preexistente. Para Ausubel, los conocimientos previos del estudiante son el factor más importante para facilitar el aprendizaje significativo. Cuanto más pueda relacionar el nuevo conocimiento con lo que ya sabe, más profundo será el aprendizaje. Además, una de las estrategias clave en su teoría son los organizadores avanzados, que son conceptos introductorios presentados al estudiante antes del nuevo material. Estos organizadores ayudan a que el estudiante pueda vincular de forma efectiva la nueva información con su estructura cognitiva actual. Otro concepto que se destaca en la teoría de Ausubel es la promoción del aprendizaje receptivo, donde el profesor proporciona la información de manera estructurada, donde la finalidad es que los estudiantes entiendan y absorban esa información relacionándola con sus conocimientos previos.

El enfoque de Ausubel es particularmente valioso en el ámbito de la comprensión lectora, ya que, al leer un texto nuevo, los estudiantes necesitan activar sus conocimientos previos para comprender el contenido. Los organizadores avanzados incluyen resúmenes o explicaciones introductorias que ayuden a los niños a contextualizar lo que van a leer, mejorando así su comprensión global.

Dale Schunk: Teoría del Aprendizaje Social y Autoeficacia

Dale Schunk es un teórico más contemporáneo, conocido principalmente por sus trabajos en torno al aprendizaje social y la autoeficacia, influenciado por el psicólogo Albert Bandura. Según Schunk, el aprendizaje no ocurre solo mediante la recepción de información, sino también a través de la observación, la práctica y la experiencia directa. Schunk hace hincapié en la importancia de que los estudiantes tengan un sentido de autoeficacia, es decir, la creencia en su capacidad para tener éxito en una tarea o aprendizaje. Por tanto, sostiene que la motivación personal es tan importante como la capacidad cognitiva para lograr un aprendizaje efectivo. Schunk también sostiene el aprendizaje observacional, que sugiere que los estudiantes aprenden viendo a otros realizar tareas o enfrentar problemas. Este enfoque es relevante para el aprendizaje en grupo, donde los estudiantes pueden aprender a través del modelado de sus compañeros o profesores. Además, destaca la importancia de que los estudiantes desarrollen habilidades de metacognición y autorregulación, lo que les permite controlar su propio proceso de aprendizaje, establecer metas y monitorizar su progreso.

En el contexto de la comprensión lectora, la teoría de Schunk sugiere que la autoeficacia juega un papel importante en cómo los estudiantes enfrentan los desafíos de la lectura. Los niños que creen que pueden comprender un texto complicado están más dispuestos a intentarlo y perseverar. Además, el uso de modelos, como la lectura en voz alta o la discusión grupal sobre el texto, permite que los estudiantes aprendan estrategias lectoras observando a sus compañeros o maestros. Las habilidades metacognitivas promovidas por Schunk también son útiles para que los estudiantes planifiquen cómo abordar la lectura y ajusten su enfoque cuando encuentren dificultades.

Comparación General Ausubel vs Schunk

Ambas teorías son fundamentales para definir un enfoque metodológico a la enseñanza a niños de primaria y a la comprensión lectora en ellos. En la tabla 5 se muestra un contraste de ambas teorías que permiten conocer el enfoque que deben seguir las nuevas metodologías educativas.

Tabla 5. Contraste de teorías Ausubel vs Schunk.

Aspecto	David Ausubel	Dale Schunk
Modelo de aprendizaje	Aprendizaje significativo basado en conocimientos previos.	Aprendizaje social y desarrollo de autoeficacia.
Enfoque metodológico	Enfoque receptivo, con organizadores avanzados que facilitan la conexión de nueva información.	Enfoque social y observacional, con énfasis en la autoeficacia y la autorregulación.
Papel del estudiante	El estudiante recibe y organiza la nueva información en su estructura cognitiva existente.	El estudiante aprende observando a otros, desarrollando confianza en su capacidad para aprender.
Rol del maestro	El maestro organiza y presenta la información de manera estructurada, facilitando el aprendizaje significativo.	El maestro sirve como modelo y guía, promoviendo la autoeficacia y la autorregulación en el aprendizaje.
Aplicación a la comprensión lectora	Importancia de activar conocimientos previos y usar organizadores avanzados para mejorar la comprensión de textos.	Uso de modelamiento y autoeficacia para motivar a los estudiantes a perseverar en la comprensión lectora.
Metacognición	Poco énfasis en la autorregulación del aprendizaje.	Gran énfasis en la metacognición y el monitoreo del progreso del aprendizaje.

CONCLUSIONES

La integración de nuevas metodologías educativas, como el aprendizaje basado en proyectos, el aula invertida y el aprendizaje colaborativo, fomenta una comprensión lectora más profunda y significativa al promover la participación activa de los estudiantes. Estas metodologías permiten que los alumnos relacionen lo que leen con experiencias prácticas, discutan ideas y apliquen la información en contextos reales, lo que facilita una mejor retención y análisis crítico de los textos.

El uso de herramientas tecnológicas, como la gamificación y la narración digital, no solo aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes, sino que también les proporciona nuevas formas de interactuar con el contenido textual. Estas estrategias contribuyen a mejorar la comprensión lectora al ofrecer enfoques más atractivos y personalizados, adaptándose a los diferentes estilos de aprendizaje de los niños y permitiéndoles explorar los textos de manera más dinámica.

Si bien ambos teóricos ofrecen enfoques poderosos para el aprendizaje, se enfocan en diferentes aspectos del proceso educativo. Ausubel es más estructurado y cognitivo, centrado en la integración de nuevos conocimientos con los ya existentes, lo que es útil en contextos donde los estudiantes necesitan organizar la información de manera significativa. Por otro lado, Schunk pone más énfasis en la motivación y la autoeficacia, lo que es crucial en situaciones donde el estudiante debe estar activamente involucrado en su propio proceso de aprendizaje, con un enfoque en la observación y la práctica social. Ambos enfoques pueden ser complementarios, y en el caso de la comprensión lectora, la combinación de la activación de conocimientos previos y el fomento de la autoeficacia podría producir resultados positivos en los estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] W. Kintsch and T. A. van Dijk, "Toward a model of text comprehension and production," *Psychological Review*, vol. 85, no. 5, pp. 363-394, 1978.
- [2] D. P. Ausubel, *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart & Winston, 1968.
- [3] S. M. M. Loyens, J. Magda, and R. M. J. P. Rikers, "Self-directed learning in problem-based learning and its relationships with self-regulated learning," *Educational Psychology Review*, vol. 20, no. 4, pp. 411-427, 2008.
- [4] D. W. Johnson and R. T. Johnson, "Cooperative learning and social interdependence theory," in *Theory and research on group dynamics*, G. C. W. Ames and M. W. Neal, Eds., 2017, pp. 9-35.
- [5] P. Freire, *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores, 1970.
- [6] E. D. Hirsch, "Enfoques para la Educación del Mañana," *Estudios Públicos*, no. 75, 1999.
- [7] G. Lindqvist. "Vygotsky's theory of creativity" *Creativity research journal*, 15(2-3), 245-251. 2003
- [8] R. E. Wulansari et al., "Know-Need-Do-Problem Based Learning (KND-PBL) in programming course: Is it effective?," in *AIP Conference Proceedings*, vol. 3199, no. 1, AIP Publishing, 2024, p. 020016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1063/5.0217176>.
- [9] J. Gong, S. Cai, and M. Cheng, "Exploring the effectiveness of flipped classroom on STEM student achievement: A meta-analysis," *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 29, no. 2, pp. 1129-1150, 2024.
- [10] N. Kunacheva, B. Niyomves, and S. Kenaphoom, "Innovative Strategies and Future Trends: The Next Paradigm of Education Management," in *Modern Management Science Practices in the Age of AI*, IGI Global, 2024, pp. 181-210.
- [11] A. Soufghalem, "The Role of Technology in Enhancing Digital Literacy Skills Among Secondary School Students," *International Journal of Post Axial: Futuristic Teaching and Learning*, pp. 203-214, 2024.
- [12] G. Huesca Juárez, A. Rodríguez Rosales, V. Lara Prieto, M. I. Ruiz Cantisani, and J. Acevedo Mascarúa, "Effectiveness of challenge-based learning in undergraduate engineering programs from competencies and gender perspectives," *Educ. Sci.*, vol. 14, p. 255, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14030255>.
- [13] A. Gunter and G. Polidori, "STEM Graduation Trends and Educational Reforms: Analyzing Factors and Enhancing Support," *American Journal of STEM Education*, 2024.
- [14] L. Yu and Z. M. Zin, "The critical thinking-oriented adaptations of problem-based learning models: a systematic review," **Front. Educ.**, vol. 8, May 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1139987>.
- [15] R. Girdzijauskienė, A. Norvilienė, G. Šmitienė, and L. Rupšienė, "Strengthening student engagement in learning through use of digital tools," **Acta Paedagogica Vilnensia**, vol. 49, pp. 115-130, 2022.
- [16] M. Husni et al., "Implementation of innovative learning strategies to improve children's basic skills in Raudhatul Athfal Karang Jetak Cisait, Kragilan District, in Serang Regency," **International Journal of Engagement and Empowerment (IJE2)**, vol. 4, no. 2, pp. 239-247, 2024.
- [17] R. P. Pertiwi, W. Wasino, W. Sumarni, and T. Trimurtini, "Analysis of teaching methods in the classroom inclusive for increase student science literacy elementary school," in **International Conference on Science, Education, and Technology**, vol. 10, pp. 60-63, 2024.
- [18] M. F. Alpat and E. Görgülü, "Transformative learning: Flipped classroom and its impact on writing skill and critical thinking level," **Open Praxis**, vol. 16, no. 3, 2024.
- [19] M. Kandemir and Y. Bay, "The effect of using digital stories in primary school language lessons on 4th-grade students' reading comprehension skills," **Anadolu Journal of Educational Sciences International**, vol. 13, no. 2, pp. 339-358, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18039/ajesi.1279028>.
- [20] V. Maldonado-Garcés et al., "Design of a serious game for the improvement of reading comprehension through the IPLUS methodology," in **Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems**, vol. 69, 2023.

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.174>

Análisis del retorno a la docencia presencial y al personal administrativo en la Facultad de Ciencias de la Administración

María José Muñoz Vásquez*
<https://orcid.org/0000-0001-6756-9865>
mmunoz7754@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

Wilson Fernando Jiménez Castro
<https://orcid.org/0000-0002-8717-1501>
wf.jimenez@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

*Autor de correspondencia: mmunoz7754@uta.edu.ec

Recibido (6/08/2024), Aceptado (1/09/2024)

Resumen: La investigación se realizó en el marco del análisis del retorno a la presencialidad del personal docente y administrativo dentro de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato. La investigación contempla la perspectiva frente al retorno a las actividades presenciales. Así mismo, la investigación trata los factores que condicionan el regreso a la presencialidad. Las normas de bioseguridad que pretenden crear un espacio seguro para el desarrollo de las actividades académicas. El impacto emocional que causó la pandemia entre la comunidad universitaria y como se refleja en el proceso del aprendizaje. Se caracteriza al personal administrativo y docente en la nueva presencialidad con temas sobre la salud mental, los riesgos y desafíos que deben enfrentar. En medio de la nueva presencialidad es importante hablar sobre los factores personales, psicosociales y psicológicos que favorezcan al ambiente laboral del personal administrativo, docente y de servicio de la facultad.

Palabras clave: retorno, educación virtual, pandemia, salud mental.

Analysis of the return to face-to-face teaching and administrative staff within the Faculty of Administrative Sciences

Abstract.- The research was carried out within the framework of the analysis of the return to face-to-face teaching and administrative staff within the Faculty of Administrative Sciences of the Technical University of Ambato. The research contemplates the perspective against the return to face-to-face activities. Likewise, the research deals with the factors that condition the return to attendance. Biosafety regulations that aim to create a safe space for the development of academic activities. The emotional impact caused by the pandemic on the university community and how it is reflected in the learning process. The administrative and teaching staff are characterized by the new face-to-face topics on mental health and the risks and challenges they must face. During the new presence, it is important to talk about the personal, psychosocial, and psychological factors that favor the work environment of the administrative, teaching, and service staff of the faculty.

Keywords: return, virtual education, pandemic, mental health.

I. INTRODUCCIÓN

La crisis que ocasionó la pandemia mundial, ha provocado el confinamiento social mundial que progresivamente gracias a las vacunas, poco a poco se ha ido dejando de lado, sin embargo, en la educación se dio una transición brusca y un proceso de adaptación virtual que presenta varias falencias y enormes carencias tecnológicas y técnicas metodológicas que permitan un correcto aprendizaje de los estudiantes y una clara falta de capacitaciones para que los docentes y personal administrativo enfrenten los nuevos retos que suponía la virtualidad [1]. Estas incapacidades repentinas han ocasionado que se acentúen los problemas de educación a nivel mundial ya que se evidencian más las brechas de acceso a la educación virtual en las poblaciones de escasos recursos. En el Ecuador únicamente el 37% de hogares posee una conexión de internet estable, la cifra empeora en zonas rurales, lo que conlleva a una pérdida irrecuperable de aprendizaje, que fomenta el abandono de colegios y universidades tanto de estudiantes o docentes por ser una población vulnerable faltos de recursos [2].

La reciente incertidumbre con la mutación del virus COVID-19 provoca que los organismos de salud se saturen y la población llegue a tener temor de salir del confinamiento, lo que recae en una crisis económica, social y psicológica en el país. No obstante, la Superintendencia de Educación superior en conjunto con el ministerio de salud establecían mecanismos que permitan el retorno paulatino a los establecimientos de educación superior, los cuales debían garantizar un retorno seguro a través de un plan en conjunto que brinde la confianza necesaria a estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio, de modo que se creó el plan general para el retorno progresivo a las actividades laborales [3].

La poca evidencia de estudios realizados a docentes y personal en las instituciones de educación superior posibilita a la investigación originalidad para analizar limitaciones y perspectivas sobre el retorno presencial, por tal motivo este trabajo tiene como objetivo determinar la perspectiva de los docentes, personal administrativo y de servicio en cuanto a su retorno presencial a la Facultad de Ciencias Administrativas (FCADM) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA).

II. DESARROLLO

A. De la educación presencial a la educación virtual

La pandemia por COVID-19 empezó a finales del año 2019 y desde entonces el mundo ha aprendido a vivir con los problemas sociales que esta ha traído, uno de ellos en el ámbito educativo. En este sentido, cuando la educación presencial se volvió virtual, entonces el aprendizaje empezó a tener dificultades [4], siendo uno de los más importantes fallos de conectividad, falta de recursos tecnológicos y comunicación nula o tardía. Estos cambios, que convirtieron la educación presencial a un modo virtual supuso un reto para los docentes ya que debían comprender, prácticamente de la noche a la mañana, las técnicas de educación virtual.

B. La educación virtual y el teletrabajo

En numerosos países el teletrabajo pasó a ser la forma preferida de un gran número de personas, tal es el caso de Alemania, España, Japón, Estados Unidos, en donde las empresas de manera inteligente decidieron transformar sus políticas laborales para darle la opción de asistencia remota a sus empleados, lo que le ocasiona menos gastos de infraestructura, y un empleado más satisfecho. Cambiando la forma de valoración del personal, la forma de evaluación de resultados y las estrategias de gerencia corporativa [5]. Sin embargo, en países latinoamericanos, el teletrabajo representa problemas por no contar con las herramientas suficientes para este.

C. Factores condicionantes del regreso a la presencialidad

Ahora bien, para regresar a la presencialidad se deben considerar ciertos factores, en primer lugar, la salud física que estaría en riesgo del personal docente y administrativo al igual que la salud mental y por otro lado el factor académico [6]. Es importante resaltar que, el personal docente y administrativo fue el primero en retomar las actividades presenciales en el caso de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato lo que hace necesario analizar los factores de este proceso del retorno a la presencialidad. (Fig.1).

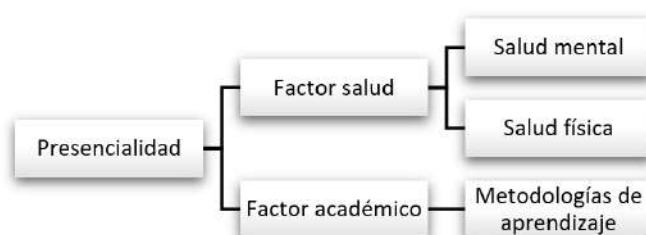


Fig. 1. Factores entorno al regreso a la presencialidad [6].

Acerca del regreso a la presencialidad es necesario gestionar un plan que tome en cuenta las necesidades del personal de una institución. Es así como, en el Ecuador el Ministerio de Trabajo creó un plan general para el regreso gradual a las labores presenciales, el cual incluye temas de inmunización, jornadas de trabajo, protocolos, normas de bioseguridad, monitoreo de signos vitales, entre otros. Todos estos temas se enfocan en las necesidades de los docentes, personal administrativo y trabajadores en general.

D. Las normas de bioseguridad

Dentro de las normas de bioseguridad más básicas está el uso de mascarilla como lo han recomendado la mayoría de los miembros del personal de salud mundial. Otras indicaciones para convivir en la nueva normalidad, aunque ya eran conocidas antes de la pandemia es que al momento de estornudar o toser se debe cubrir con la parte interna del codo la nariz y boca. No tocarse ojos, boca ni nariz con las manos que previamente han tocado objetos de manipulación pública. Lavarse las manos con frecuencia que es otra medida ya conocida para evitar un sinnúmero de enfermedades, además, del COVID-19.

E. Impacto emocional de la pandemia en la educación

En cuanto al impacto emocional que esta pandemia ha dejado en los docentes y personal administrativo este puede repercutir en el rendimiento laboral [7]. Es necesario evaluar la salud mental del personal para que este retome sus actividades de manera presencial de manera que se cuide su integridad. El retorno a la presencialidad debe considerar la salud mental de los trabajadores ya que esto puede influir en la manera de trabajar de los docentes.

En relación con la salud mental esta se puede evidenciar con cambios de ánimo en los individuos, poca energía, falta de concentración en las tareas hasta llegar en el peor de los casos al síndrome de burnout [8]. El docente tiene la obligación de cumplir con las actividades encargadas por la institución, a la vez que debe cuidar de su salud. Para la educación universitaria es indispensable contar con docentes que tengan excelentes métodos pedagógicos. Lo que hace que esta profesión sea compleja presencial y virtualmente.

F. El personal administrativo y docente en la nueva presencialidad

El personal administrativo de una organización es necesario para que todas las actividades se realicen de manera eficaz. Por lo antes dicho, en el ambiente laboral actual al que regresa el personal administrativo y docente existe el riesgo potencial de contagio por lo que se debe considerar en el plan de retorno para la prevención de riesgos para el personal [9]. Por esta razón es importante contar con las medidas de bioseguridad para la protección de los trabajadores.

La pandemia por COVID-19 ha influido negativamente en varios sectores productivos, de comercio y educativos. En el retorno al ámbito educativo se presentan nuevos riesgos frente a la excelencia académica. La principal responsabilidad de la institución es reducir el riesgo de contagio del personal universitario. La prevención como factor clave del plan retorno se evidencia en el cumplimiento de las normas de bioseguridad impuestas a nivel nacional [10]. Dichas normas deben ser cumplidas por todos los ecuatorianos.

G. Riesgos y desafíos laborales en la nueva presencialidad

La pandemia por COVID-19 afectó al ámbito educativo, aislando a la comunidad educativa que ahora intenta volver a la normalidad. Este retorno está envuelto de riesgos, desafíos psicosociales y valentía por continuar con el desarrollo educacional. Antes el estrés laboral, la productividad y las relaciones interpersonales han sido términos examinados dentro del ambiente laboral [11]. Después del aislamiento es necesario fortalecer las relaciones interpersonales para lograr un ambiente laboral óptimo (Fig. 2).

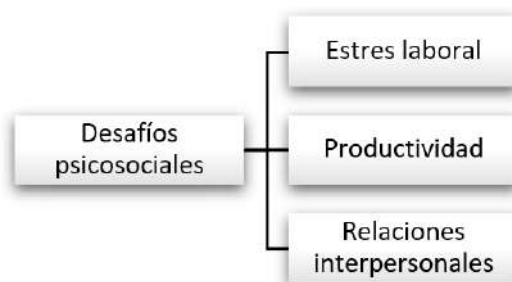


Fig. 2. Factores entorno al regreso a la presencialidad [6].

Cada individuo tiene una manera diferente de afrontar las situaciones en que se vea vulnerable frente a un peligro. En este punto es preciso recalcar que cada persona maneja de distinta manera la resolución de problemas y utilizan este proceso para solucionar problemas o actividades que resultan estresantes para el individuo.

H. Factores del nuevo ambiente laboral

Entre las secuelas más comunes se encuentra las afecciones cardíacas, respiratorias, neurológicas y psicológicas que afectan al individuo en su trabajo. Todos estos aspectos sobre las secuelas del COVID-19 son relevantes a la hora de pensar en el retorno a las aulas. Es una cuestión de empatía entender que se ha vivido una pandemia y esto se puede reflejar en la manera que realiza sus actividades en la nueva normalidad [12]. En el ambiente laboral de la era post COVID-19 se puede presentar dificultades de concentración, irritabilidad, estrés, ansiedad, depresión, poca energía, sentimientos negativos, entre otras (Fig. 3).



Fig. 3. El ambiente laboral en la nueva presencialidad [12].

La presencialidad post COVID-19 está condicionada por los factores antes mencionados ya que estos afectan a la productividad de docentes y administrativos de la universidad. La productividad se liga a la seguridad en el lugar de trabajo más la salud física y mental de los colaboradores [13]. El nivel de seguridad está limitado por el cumplimiento de las medidas de bioseguridad. El nuevo ambiente laboral corre riesgos sobre salud mental, social y física de cada individuo de la comunidad universitaria.

I. Retorno a la presencialidad en la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato

En la Facultad de la Universidad Técnica de Ambato antes de permitir que los administrativos y docentes retornen a las instalaciones se realizó capacitaciones para orientar el regreso a la presencialidad. De acuerdo con el Boletín 069 se manifiesta que el Comité de Operaciones de Emergencia Institucional impartió capacitaciones en diferentes horarios de manera virtual a los docentes de la universidad [14]. El personal universitario recibió indicaciones sobre bioseguridad, sintomatología, y protocolos a cumplir para lograr el retorno a las clases.

III. METODOLOGÍA

El estudio tuvo un enfoque cualitativo, debido a la contextualización de la problemática a través de la revisión bibliográfica, en este caso el retorno a la presencialidad del personal docente, administrativo y de servicio a la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato. A través del enfoque cuantitativo se conoció la perspectiva del retorno presencial percibida en el personal de la facultad mediante la aplicación de un cuestionario conformado por 25 preguntas.

Para validar el instrumento se utilizó el coeficiente de fiabilidad de Cronbach, mismo que permite determinar su nivel de confianza dentro de la investigación. El valor que se obtuvo fue de $\alpha=,901$. De modo que su aplicación es relevante, debido a que su resultado es cercano a 1. Por tal razón, el instrumento es válido y se procede a realizar la recolección de datos. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia donde un criterio de inclusión importante determinado por el investigador fue que forme parte del personal docente, administrativo y de servicio de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, dando como resultado una muestra de 56 personas pertenecientes al personal de la facultad.

Tabla 1. Características de la Muestra.

Parámetro	Descripción
Entorno	Universidad Técnica de Ambato
Temporalidad	Junio - Julio
Método de captación	Encuesta
Procedimiento	Muestreo no probabilístico
Nivel de confianza	95%
Muestra de estudio	56

El proceso de recolección de datos se realizó a través de un cuestionario elaborado en la plataforma de Google Drive. El procesamiento de información se hizo mediante el software estadístico IBM Statistics 25 para identificar la perspectiva del retorno presencial del personal de la Facultad de Ciencias Administrativas.

IV. RESULTADOS

El estudio contó con la participación de 56 personas de los cuales se demostró que el 42,9% de los encuestados fueron de sexo femenino y el 57,1% de sexo masculino correspondientes a 25% Profesores ocasionales, 44,6% Profesores a nombramiento, 19,6% Personal administrativo y 10,7% a Personal de servicio con edades comprendidas entre los 25-35 (14,3%), 36-45 (41,1%), 46-55 (32,1%), 56-65 (12,5%), de los cuales el 19,6% se encuentran solteros, el 73,2% casados y el 7,1% divorciados.

Con relación al historial médico que presentan los encuestados se denota, que el 73,2% no registra antecedentes de hipertensión arterial, sin embargo, el 26,8% si los presentan, lo que representa un mayor riesgo de contagio para estas personas. Por su parte, el 83,9% no cuentan con antecedentes de obesidad, no obstante, el 16,1% si los tienen, por lo que se los debe considerar como una población vulnerable.

Del mismo modo, el 92,9% no señalan antecedentes de alguna enfermedad mental, únicamente el 7,1% lo señalan, por último, el 53,6% no poseen antecedentes de COVID-19, aunque, el 46,4% si los tiene, lo que indica un contagio previo y una inmunidad temporal, sin embargo, se debe considerar las nuevas variantes y antecedentes médicos que presente la muestra de estudio para determinar con exactitud el riesgo de contagio.

Los encuestados presentan un esquema de vacunación de la siguiente manera: el 1,8% dos dosis, el 28,6% tres dosis y, por último, el 69,6% cuatro dosis o más lo que representan un mayor número de personas vacunadas, no obstante, se debe reforzar el esquema de vacunación de aquellas personas que cuenten con menos de cuatro dosis debido a la aparición de nuevas variantes que se propagan con mayor agresividad y riesgo de contagio. El 12,5% de encuestados no se encuentra nada preocupado el COVID-19, el 19,6% presentan poco y algo de preocupación, sin embargo, el 42,9% están moderadamente preocupados y únicamente un 5,4% está realmente muy preocupado por el COVID-19. Con relación al rechazo por contagio de COVID-19, el 5,4% asegura fue víctima de rechazo por parte de sus compañeros debido a su contagio, contrario al 94,6% que no sufrió ningún tipo de rechazo.

El 96,4% de encuestados está de acuerdo en que se fomente capacitaciones y campañas sobre el bienestar emocional y de salud, no obstante, el 3,6% no está de acuerdo en que se promuevan este tipo de campañas y capacitaciones. Por otra parte, el 98,2% considera que se deben difundir capacitaciones para acatar las medidas sanitarias frente al COVID-19 y únicamente el 1,8% no está de acuerdo con este tipo de campañas. Con base al retorno de las actividades presenciales el 92,9% de encuestados está de acuerdo con el retorno de las actividades laborales y académicas presenciales, sin embargo, el 7,1% no se encuentra de acuerdo con el retorno.

Al 55,4% de personas encuestadas les preocupa la gran cantidad de alumnos, personal docente, administrativo y de servicio que existe en la universidad y consideran que será difícil contener los contagios, por su parte, el 28,6% le preocupa las medidas sanitarias que se han implementado en el lugar de trabajo con la finalidad de evitar contagios, por último, el 16,1% les preocupa el regreso presencial debido a que tienen familiares de alto riesgo en sus hogares.

El 83,9% de personas no ha tenido conflictos dentro del área laboral debido a que si cumplen las medidas de prevención de COVID-19, no obstante, el 16,1% si ha presentado conflictos ya que no acatan las medidas de prevención, que afectan a todos en su entorno. De igual forma, el 91,1% no tienen conflictos con los demás compañeros ya que ellos si acatan las medidas preventivas, sin embargo, el 8,9% tiene conflictos ya que son ellos quienes representan una problemática al no acatar las medidas de prevención de COVID-19.

El 75% de los encuestados considera que, si existe una mayor organización del trabajo de manera presencial, aunque el 25% establece que no hay organización en el trabajo al momento de realizarlo de manera presencial. Por su parte, el 60,7% considera que trabajar desde casa no es más efectivo, contrario al 39,3% que establece que el teletrabajo es más efectivo.

Con relación, a la importancia del regreso a las actividades presenciales el 44,6% de personas considera a las instalaciones e infraestructura de la universidad como adecuadas para la realización de actividades bajo efectos del COVID-19, así mismo el 33,9% establecen que realizar actividades a distancia no funcionan para un desarrollo adecuado, de igual manera el 5,4% cree importante el regreso presencial debido a que no posee los dispositivos tecnológicos para el desarrollo normal de sus actividades, no obstante, el 16,1% prefiere las actividades virtuales o teletrabajo. El 100% de personas encuestadas está de acuerdo que continúe la presencialidad de actividades con la aplicación de medidas sanitarias correspondientes.

Se identificó una baja tendencia de antecedentes de enfermedades en el personal de Facultad de Ciencias Administrativas, no obstante, varios estudios muestran evidencias de la existencia de una relación entre los antecedentes del paciente con alguna forma de COVID-19 severo. Entre los antecedentes que pueden complicar al paciente está la hipertensión, enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedad del aparato respiratorio o hepáticas crónicas, entre otras [15]. De tal manera, que es importante un seguimiento de los antecedentes para que no exista complicaciones a futuro.

Del mismo modo, se denota que el personal cuenta con un esquema de vacunación elevado, ya que, gracias a la acción efectiva del Estado Ecuatoriano con el fin de garantizar la salud a todos, crea el esquema de vacunación que hasta el momento comprende de 4 dosis aplicadas en distintos intervalos de tiempo que lo determinan los profesionales de la salud. Con este esquema se pretende controlar la propagación del virus, reducir el número de muertos, detener posible contagio e impedir el rebrote de la enfermedad, evitando así el daño que provoca en los individuos [16].

En el estudio realizado por López et al., 2021 manifiesta que la preocupación más evidente es el temor de enfermar y cuidarse en todo momento para preservar la salud de su familia, al mismo tiempo que piensan en la salud de sus estudiantes. [17]. Lo cual se refleja en la preocupación moderada que registra el personal docente, administrativo y de servicio de la facultad de contagiarse o re contagiarse de COVID-19.

Si bien es cierto que se denotó un alto porcentaje que no sufrió ningún rechazo al sufrir de COVID-19, se registró que una pequeña población si fue víctima de rechazo, de modo que, en casos de COVID-19 la sociedad debe brindar esa tranquilidad a un paciente que tenga la enfermedad y ser más empáticos. Mientras el paciente respete su cuarentena por la enfermedad y después de ello se reintegre a las actividades presenciales no tiene por qué existir rechazo en el ambiente laboral.

Se evidenció que la gran mayoría está acorde en el desarrollo de capacitaciones ya que la importancia de contar con capacitaciones sobre bienestar emocional y prevención de COVID-19 recae sobre el bienestar físico, psicológico y social del colaborador para mejorar la calidad de vida y mejorar la productividad. El individuo debe sentirse a gusto a nivel profesional y personal para que sea más productivo y obtenga resultados positivos en su trabajo.

Es evidente que el retorno a las actividades presenciales genera preocupaciones, incertidumbre y temor [18]. Miedo de contagiarse y contagiar a la familia que tiene miembros de alto riesgo. Incertidumbre al pensar si todas las medidas de bioseguridad son suficientes para evitar contagios. Preocupación frente a la cantidad de personas con las que nuevamente se debe convivir, después de pasar aislados por bastante tiempo.

Se reveló la importancia que tiene en el personal el regreso presencial y la confianza que tienen en las instalaciones, por ende, el impacto de la presencialidad en la educación es extraordinario ya que, las instituciones deben garantizar el retorno seguro y en la virtualidad se tiene una mayor probabilidad que el aprendizaje sea muy bajo, se olvida las interacciones sociales y el manejo de las emociones. Existen varias disciplinas que validan como mejor forma de enseñanza un lugar presencial, estas disciplinas estudian a los individuos involucrados en el aprendizaje, tiempo y espacio del aprendizaje. La filosofía, la psicología y la pedagogía son las disciplinas que abordan minuciosamente este tema del aprendizaje presencial [19].

CONCLUSIONES

Las perspectivas analizadas del personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Administrativas manifiestan que están de acuerdo con volver a la presencialidad. Revelan también que frente al retorno existen riesgos y el miedo al contagio, frente a esto la Universidad Técnica de Ambato cuenta con el plan de retorno progresivo laboral que analiza todas las necesidades y factores del reingreso a las actividades académicas presenciales. Además, de acogerse al Plan Nacional de Vacunación del Ecuador cumpliendo con el esquema de dosis necesarias para la protección.

En el contexto de la nueva presencialidad es importante el bienestar de la comunidad universitaria, por lo que docentes y administrativos creen óptimo contar con capacitaciones sobre temas como salud mental y social que favorezcan la calidad de vida personal y profesional del individuo. En este proceso del regreso a la presencialidad se ha evidenciado que los individuos involucrados no rechazan a personas contagiadas sino más bien son solidarios y empáticos.

Dentro del análisis se ha encontrado tres factores claves del porque el personal universitario prefiere el regreso a las actividades presenciales antes de continuar con las actividades virtuales o de teletrabajo. El primero, algunos docentes o personal administrativo no cuentan con dispositivos tecnológicos en casa. Segundo, afirman que las actividades a distancia no funcionan de una manera adecuada. Tercero, la Universidad Técnica de Ambato cuenta con la infraestructura necesaria para las actividades presenciales en un ambiente post COVID-19 con lo que se sienten más seguros.

RECONOCIMIENTO

Se agradece a la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo y permitir la obtención de los datos de las encuestas y participación del personal docente, administrativo y de servicio.

REFERENCIAS

- [1] G. Lorenzo, «COVID-19 y educación a distancia digital: preconfinamiento, confinamiento y,» Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2021.
- [2] UNICEF, «Educación en Pausa,» Unicef, Panamá, 2020.
- [3] UTA, «PLAN GENERAL PARA EL RETORNO,» 2022.
- [4] J. A. Miguel, «La educación superior en tiempos de pandemia: una visión desde dentro del proceso formativo,» Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, vol. 50, n° No. Especial, pp. 13-40, 2020.
- [5] J. Bayón y A. Zerbi, «El teletrabajo: avances y retos dentro de la sociedad,» Revista Internacional y Comparada de Relaciones Laborales y Derecho del Empleo, vol. 8, n° 3, pp. 184-207, 2020.
- [6] A. D. Correa, I. L. González, M. M. Sepúlveda, V. K. Burón, P. A. Salinas y F. S. Cavagnaro, «Debate sobre el retorno a clases presenciales en Pandemia,» Scielo, vol. 92, n° 2, pp. 174-181, 2021.
- [7] A. I. Rodríguez, P. R. Suasnavas, G. H. Villalobos y C. F. Varela, «Efectos de la emergencia Covid-19 en la salud mental de los trabajadores: una revisión de alcance,» Investigación, vol. 18, pp. 122-142, 2022.
- [8] M. D. R. Soto, C. E. Soto y J. V. Méndez, «Síndrome de burnout en el profesional al docente en el marco de la Covid-19. Revisión Teórica,» Pentacencias, vol. 4, n° 2, pp. 31-46, 2022.
- [9] L. G. Cruz, «Percepciones de riesgo laborales en la era post Covid-19,» E dual, vol. 2, n° 1, pp. 7-13, 2021.
- [10] Ministerio de Trabajo, 29 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.trabajo.gob.ec>.
- [11] L. M. Valencia y Z. E. Largo, «Riesgo psicosocial derivado del reintegro laboral post Covid-19,» Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia, 2021.
- [12] J. C. Flores, «Estrés, ansiedad y depresión durante y post-pandemia Covid-19 en trabajadores: El caso ecuatoriano,» Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo, vol. 2, n° 2, pp. 1-5, 2020.
- [13] C. H. Chang, R. Shao, M. Wang y N. M. Baker, «Workplace interventions in response to COVID-19: an occupational health psychology perspective,» Occupational Health Science, vol. 5, pp. 1-23, 2021.
- [14] Dirección de Comunicación y Relaciones Públicas, «Boletín 069,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2022.
- [15] A. D. Varela, Hipertensión arterial como antecedente en paciente con COVID-19, Santiago de Cali, Colombia: CARE Writer, 2021.
- [16] J. E. Jaramillo y S. P. Montoya, «Políticas públicas de vacunación contra COVID-19 en el Ecuador en el periodo enero-agosto 2021,» Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología, vol. 7, n° 3, pp. 19-47, 2021.
- [17] V. López, D. Manghi, G. Melo, G. Godoy, I. Otarola, S. Araneda, R. López y B. Avalos, «Experiencias docentes heterogéneas en pandemia COVID-19: Un análisis interseccional con diseño mixto,» Psicoperspectivas, vol. 20, n° 3, pp. 1-20, 2021.
- [18] N. Álvarez y L. Habib, Retos y desafíos de las universidades ante la pandemia de COVID-19, México: Labýrinthos Editores, 2021.
- [19] F. D. R. Aguilar, «Del aprendizaje en escenarios presenciales al aprendizaje virtual en tiempos de pandemia,» Estudios Pedagógicos, vol. 46, n° 3, pp. 213-223, 2020.

ANEXOS

Tabla 1. Esquema de vacunación.

¿Cuál es actualmente su esquema de vacunación?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Dos dosis	1	1,8	1,8	1,8
Tres dosis	16	28,6	28,6	30,4
Cuatro dosis o más	39	69,6	69,6	100,0
Total	56	100,0	100,0	

Tabla 3. Preocupación.

¿Usted, qué tan preocupado está por el COVID-19?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Nada preocupado	1	1,8	1,8	1,8
Poco preocupado	16	28,6	28,6	30,4
Algo preocupado	39	69,6	69,6	100,0
Moderadamente preocupado	24	42,9	42,9	94,6
Muy preocupado	3	5,4	5,4	100,0
Total	56	100,0	100,0	

Tabla 4. Rechazo.

¿Usted fue víctima de rechazo por sus compañeros cuando se contagió por COVID-19?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Si	3	5,4	5,4	5,4
No	53	94,6	94,6	100,0
Total	56	100,0	100,0	

Tabla 5. Retorno de actividades

¿Está de acuerdo con el retorno de las actividades laborales y académicas?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Si	52	92,9	92,9	92,9
No	4	7,1	7,1	100,0
Total	56	100,0	100,0	

Tabla 6. Mayor Organización.

¿Existe mayor organización del trabajo en presencial?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Si	42	75,0	75,0	75,0
No	14	25,0	25,0	100,0
Total	56	100,0	100,0	

Tabla 7. Teletrabajo.

¿Trabajar desde casa es más efectivo?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Si	22	39,3	39,3	39,3
No	34	60,7	60,7	100,0
Total	56	100,0	100,0	

Tabla 8. Regreso con medidas.

¿Está de acuerdo que el regreso a la presencialidad continúe con medidas sanitarias?				
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Si	56	100,0	100,0	100,0

LOS AUTORES



María José Muñoz Vásquez es Egresada de la carrera de Organización de Empresas, líder estudiantil de la Facultad de Ciencias Administrativas Universidad Técnica de Ambato; conocimiento de: Liderazgo Político, Emprendimiento, Comercio Electrónico, Programación Neurolingüística.



Wilson Fernando Jiménez Castro es Doctorante del programa doctoral de "Ciencias Sociales, mención Gerencia" por la universidad del Zulia, Venezuela. Magister en Administración y Marketing. Ingeniero Industrial, Docente de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Artículo de revisión bibliográfica

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.175>

Estudio de los efectos de los residuos del glifosato en los alimentos mediante la técnica inmunoquímica ELISA: una revisión preliminar

Michelle Cevallos*

<https://orcid.org/0009-0005-9460-0086>

mcevallos6918@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí

Facultad de ingeniería y Ciencias Aplicadas

Portoviejo, Ecuador

Natasha Santana

<https://orcid.org/0009-0005-2366-7376>

nsantana5670@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí

Facultad de ingeniería y Ciencias Aplicadas

Portoviejo, Ecuador

Ramón Cevallos

<https://orcid.org/0000-0002-8583-4674>

ramon.cevallos@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí

Facultad de ingeniería y Ciencias Aplicadas

Portoviejo, Ecuador

Felipe Jadán

<https://orcid.org/0000-0002-5640-2207>

felipe.jadan@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí

Departamento de Procesos químicos, Alimentos y

Biotecnología

Manabí, Ecuador

*Autor de correspondencia: mcevallos6918@utm.edu.ec

Recibido (6/08/2024), Aceptado (1/09/2024)

Resumen: El glifosato, un herbicida ampliamente empleado, ha generado inquietudes por sus posibles riesgos para la salud y su aparición en distintos productos alimenticios. El análisis resalta la importancia de monitorear dichos restos para asegurar la inocuidad alimentaria y cumplir con las regulaciones pertinentes. Se explica detalladamente la técnica ELISA, sus fundamentos y beneficios en comparación con otras metodologías analíticas disponibles. Se aborda tanto la sensibilidad como la especificidad de ELISA para detectar niveles mínimos de glifosato en matrices alimenticias complejas. Asimismo, se revisan investigaciones comparativas con otros métodos de detección y se exploran los posibles impactos en la salud derivados de una exposición crónica al glifosato. El informe concluye enfatizando el papel crucial que desempeña ELISA en el seguimiento de los residuos de glifosato y fomenta a proseguir con investigaciones continuas destinadas a perfeccionar los métodos de detección y comprender mejor los efectos del glifosato en nuestra salud.

Palabras clave: técnica Elisa, glifosato, salud, herbicida

Study of the effects of glyphosate residues in food by
immunochemical ELISA: a preliminary review.

Abstract.- Glyphosate, a widely used herbicide, has raised concerns due to its potential health risks and its presence in various food products. The analysis highlights the importance of monitoring these residues to ensure food safety and comply with relevant regulations. The ELISA technique is explained in detail, including its principles and benefits compared to other analytical methodologies. ELISA's sensitivity and specificity in detecting minimal glyphosate levels in complex food matrices are addressed. The report also examines comparative research on alternative detection methods and investigates the potential health impacts of chronic glyphosate exposure. It concludes by highlighting the essential role of ELISA in monitoring glyphosate residues and advocates for ongoing research to refine detection methods and deepen our understanding of glyphosate's effects on health.

Keywords: Elisa technique, glyphosate, health, herbicide.

I. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la agricultura, el ser humano ha utilizado diversos productos para el manejo de suelos y la regulación de plagas, enfermedades y malas hierbas. En las últimas cinco décadas, la agricultura ha experimentado una revolución gracias a herbicidas químicos desarrollados en laboratorios, sintetizados para controlar malezas. El propósito de estos pesticidas ha sido siempre preservar, gestionar y potenciar el crecimiento de los cultivos de interés [1]. La N-(fosfonometil)-glicina, conocida como glifosato (Fig. 1), constituye el ingrediente activo en los herbicidas a base de glifosato (GBH), los cuales son los herbicidas más ampliamente utilizados a nivel global. De hecho, solo en Estados Unidos se aplican aproximadamente 280 millones de libras de glifosato anualmente [2].

Descubierto inicialmente por un científico de Monsanto, el glifosato estuvo originalmente patentado como Roundup (Monsanto), un GBH de amplio espectro que contiene glifosato como su ingrediente activo, combinado con agua y adyuvantes inertes de composición desconocida. Los GBH fueron rápidamente adoptados en las prácticas agrícolas debido a su percibida baja toxicidad para los animales, ya que el glifosato actúa inhibiendo la vía específica del shikimato de las plantas para el crecimiento de malezas [3]. Concretamente, el glifosato inhibe la enzima 5 enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), la cual es exclusiva de plantas y microorganismos [4], lo que ha llevado a la suposición de que este compuesto es seguro para los animales, incluidos los humanos, dado que estos carecen de esta enzima. La EPSPS es crucial para la síntesis de aminoácidos aromáticos esenciales como triptófano, fenilalanina y tirosina, así como otros metabolitos secundarios, lo que confiere al glifosato una eficacia notable como herbicida.

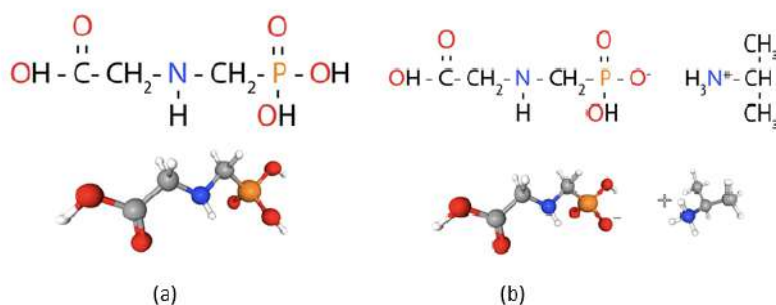


Fig. 1. N-(fosfonometil)glicina (glifosato) b) Sal isopropilamina de glifosato [5].

El glifosato genera millones de dólares por sus ventas. De acuerdo con investigaciones, este herbicida ha sido asociado con impactos teratogénicos en seres acuáticos y enfermedades en humanos. Debido a su extenso uso en la agricultura y a la introducción de organismos modificados inmunes a herbicidas, han identificado la presencia de glifosato en fuentes de alimentos y agua. Por esta razón, diversas entidades han fijado límites máximos de residuos para supervisar la exposición al glifosato [4].

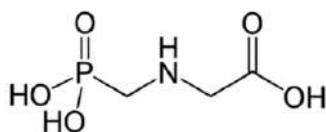


Fig. 2. Fórmula estructural del glifosato [6].

En 2015, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud [7] calificó al glifosato como posible cancerígeno para los seres humanos, lo que ha generado preocupación y un análisis más profundo de su uso y exposición. Sin embargo, existen opiniones divergentes sobre este tema, con algunas agencias regulatorias, como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, sugiriendo un menor riesgo para la salud humana.

Hasta la fecha, no se ha explorado ampliamente el estándar de umbral de seguridad ocupacional y la evaluación de riesgos para la salud humana relacionada con la exposición al glifosato mediante evaluaciones internas y de dosis de exposición. Por lo tanto, esta revisión de la literatura tiene como objetivo analizar los posibles daños en la exposición humana y los métodos de detección para respaldar la recopilación de datos en futuros estudios de investigación o el establecimiento de un límite de exposición ocupacional recomendado para el glifosato [8].

Dada esta controversia y la necesidad de una evaluación precisa del glifosato en el medio ambiente, el desarrollo y la aplicación de métodos sensibles y confiables, como el ELISA, son fundamentales para comprender mejor su exposición y sus posibles efectos sobre la salud. La técnica ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay o ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas) se destaca como una herramienta importante en la detección y cuantificación precisa del glifosato. Su fundamento reside en la interacción altamente específica entre anticuerpos y antígenos. En particular, los anticuerpos diseñados para reconocer el glifosato son esenciales para este proceso.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática de la literatura de artículos científicos de intoxicación por herbicidas y repercusiones a la salud humana, tanto de la literatura nacional como internacional. Las bases de datos utilizadas incluyeron SciELO, ScienceDirect, Google Scholar y PubMed en búsquedas de reportes de casos, artículos de revisión y artículos de opinión en idioma inglés y español. Para ello se emplearon los siguientes términos: "Glyphosate ELISA", "Glyphosate defects" "ELISA", "Glifosato", "glifosato cancerígeno", "kit ELISA glifosato" "metodología ELISA". En la tabla 1 se muestran los principales resultados encontrados en los motores de búsqueda y bases de datos.

Tabla 1. Resultados de documentos encontrados en cada búsqueda.

Año	PubMed	Scopus	Web of Science	Google Scholar	Total
2018	5	8	6	10	29
2019	7	12	9	15	43
2020	6	10	7	12	35
2021	8	14	10	18	50
2022	10	16	12	20	58
2023	12	18	15	22	67

La exploración mediante términos clave permitió identificar publicaciones asociadas al tema con pertinencia exclusiva al método ELISA, se localizaron artículos con el texto completo disponible, pero muchos de estos se centraban en la medicina. Se aplicaron criterios adicionales para seleccionar estudios con resultados completos relacionados con la presencia de glifosato en alimentos y su posible asociación con enfermedades y que la técnica empleada para la detección del herbicida fuera el ELISA.

En la figura 1 se muestran los principales países que han desarrollado investigaciones en la temática de estudio, se sugiere un aumento significativo en las investigaciones sobre Glyphosate ELISA en los últimos años. La tabla 1 indica un crecimiento constante en la cantidad de publicaciones anuales desde 2018 hasta 2023, con un notable incremento en 2021 y 2023. Este incremento puede reflejar una mayor preocupación global por el uso de glifosato y sus posibles impactos en la salud y el medio ambiente, impulsando más estudios y desarrollos en métodos de detección como ELISA.

En cuanto a los países que lideran esta investigación, la fig. 1 revela que Estados Unidos y China son los principales contribuyentes, mostrando un crecimiento constante en publicaciones. Alemania, Reino Unido y Brasil también han aumentado su producción científica en esta área, aunque a un ritmo ligeramente menor. Esto indica una amplia distribución geográfica del interés y la actividad investigadora en torno al glifosato y su detección, con una notable colaboración internacional que podría estar facilitando avances significativos en la tecnología ELISA aplicada a este herbicida.

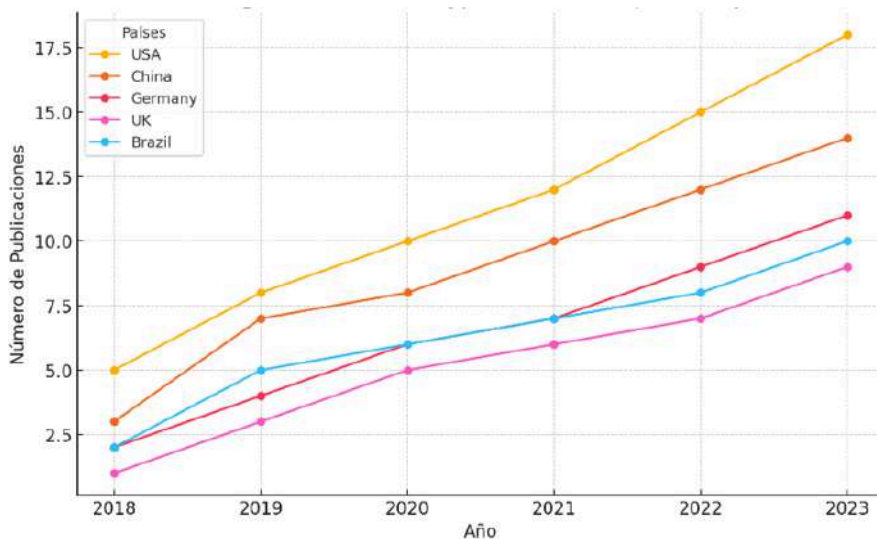


Fig. 3. Principales países que han desarrollado investigaciones sobre el Glyphosate ELISA.

Además, se evaluó la calidad de los documentos analizados siguiendo los criterios descritos en la tabla 2, donde se indica que las preguntas de investigación para la selección de documentos estuvieron centradas en el uso efectivo del método ELISA y las preocupaciones del uso de Glyphosate.

Tabla 2. Preguntas para la evaluación de calidad de los documentos seleccionados.

Control de Calidad (QA)	Preguntas de evaluación de calidad	Respuesta
QA1	¿El documento describe el impacto del Glyphosate en el ambiente y la salud?	(+1) Sí/ (+0) No
QA2	¿El documento especifica las características del Método ELISA?	(+1) Sí/ (+0) No
QA3	¿El documento presenta alguna discusión sobre los hallazgos relacionados con el uso del Glyphosate y el método ELISA?	(+1) Sí/ (+0) No
QA4	¿Se plantean estrategias para el uso efectivo de Glyphosate?	(+1) Sí/ (+0) No
QA5	¿Se plantean estrategias para el uso efectivo del método ELISA?	(+1) Sí/ (+0) No

III. RESULTADOS

Los resultados de la revisión se dividen en 3 temas para su presentación: A) Métodos analíticos instrumentales, B) Metodología ELISA, y C) Regulación y toxicología del glifosato.

A. Métodos analíticos instrumentales

Detectar este herbicida ha supuesto un reto para aquellos interesados en profundizar en estas técnicas, dado que es un procedimiento costoso y que demanda tiempo. La práctica común implica el uso de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC, por sus siglas en inglés) o cromatografía de gases (GC) con distintos detectores, aunque en el mercado es más habitual recurrir a enfoques alternativos como la técnica ELISA.

Se han llevado a cabo diversos estudios de identificación de pesticidas en agua y alimentos mediante técnicas de ELISA [9]. Este inmunoensayo presenta ciertas ventajas en comparación con los métodos químicos, ya que utiliza anticuerpos marcados en reacciones competitivas para la detección de herbicidas. Además, es sensible y selectivo para la determinación del glifosato, posibilitando estudios ambientales rápidos [10].

Varios estudios han focalizado sus esfuerzos en la validación y la creación de inmunoensayos. En 2021 se elaboró un ELISA utilizando anticuerpos aviares para la detección de glifosato en muestras alimentarias, complementando el análisis de HPLC con detector de fluorescencia [11]. Parámetros como reactividad cruzada, veracidad, sensibilidad y linealidad fueron evaluados en este ensayo. Esta comparación de técnicas también se encontró en un estudio en 2019 [12], cuyos autores concluyeron que la técnica ELISA es una opción económica y confiable para el análisis de glifosato.

Además, se ha implementado estudios sobre la presencia de glifosato en aguas de río mediante ELISA que implica una etapa de modificación con anhídrido acético, luego la detección con anticuerpos inmóviles marcados con albúmina de suero de ganado vacuno. La conclusión obtenida es que el método analítico ELISA se presenta como una opción sensible, económica y eficaz para la examinación de muestras ambientales que tienen glifosato [12].

La mayoría de las pruebas ELISA involucran ensayos en una fase sólida, donde un antígeno o un anticuerpo se une en un proceso competitivo o no competitivo. Sin embargo, en todas las variantes de las pruebas ELISA, es esencial llevar a cabo una fase de separación para erradicar el conjugado enzimático libre, seguida de la medición de la reacción catalítica entre el sustrato y la enzima.

Independientemente de la técnica utilizada, para interpretar los datos de manera adecuada, es fundamental comprender las capacidades y limitaciones del método empleado [13]. En la tabla 3 se muestran los principales métodos utilizados, sus ventajas y desventajas.

Tabla 3. Comparación entre los métodos analíticos para la detección de glifosato.

Método	Ventajas	Desventajas
Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) [14]	Metodología de cuantificación fiable, sensible, selectivo y repetible	Equipo costoso, requiere un operador especializado y un especialista para interpretar los resultados.
Ensayo por inmunoadsorción Ligado a Enzimas (ELISA) [15]	Específico, rápido y fácil de usar Equipo de bajo costo Límite de detección bajo Análisis simultáneo de muestras múltiples Análisis semicuantitativos (screening) o cuantitativos posibles Poco limitado de disolventes orgánicos	Posible reactividad cruzada con Micro toxinas relacionadas Interferencia de matriz Posibles falsos positivos/negativos Rango de detección estrecho Puede ser necesario realizar un análisis de cromatografía (LC) confirmatorio.
Cromatografía de gases (GC) [16]	Alta sensibilidad y selectividad. Ampliamente utilizado en el análisis de pesticidas. Rápido tiempo de análisis. Capaz de manejar grandes volúmenes de muestras.	Requiere capacitación técnica especializada Necesita purificación de muestras. No apta para análisis de compuestos termoestables.
Espectrometría de masas (MS) [17]	Identificación específica de compuestos. Sensibilidad y selectividad mejoradas. Puede acoplarse con otras técnicas cromatográficas.	Requiere experiencia en interpretación de datos. Costo y mantenimiento elevados. Requiere preparación de muestras complejas.
Espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) [18]	No destructiva y análisis rápido Requiere menos preparación de muestras	Menor sensibilidad que técnicas cromatográficas. Limitado en la identificación de compuestos. Necesita calibración

B. Ensayo por Inmunoadsorción Ligado a Enzimas (ELISA)

Comúnmente, las pruebas ELISA se realizan en unas placas de noventa y seis pocillos, lo que hace fácil la detección simultánea de múltiples muestras y es adecuado para el tamizaje. Las muestras usuales en estos ensayos incluyen suero, plasma, sobrenadantes de cultivos celulares, lisados tisulares y orina; aunque teóricamente, la mayoría de los tipos de muestras líquidas podrían emplearse. Es importante tener en cuenta que algunos tipos de muestras pueden contener factores inhibidores, como componente de buffer que comparten epítomos antigénicos similares o factores como proteasas que pueden dañar el objetivo o los componentes de detección, interfiriendo así con el rendimiento del ensayo.

Existen varios formatos de ensayos diferentes, pero todos se basan en la unión de un anticuerpo/antígeno capaz de capturar la molécula en la superficie de la placa. Un paso de detección implica un antígeno conjugado o con más frecuencia, un anticuerpo, que se utiliza en casos de detección y cuantificación de la unión con éxito, generalmente mediante la técnica de detección colorimétrica.

Algunas investigaciones han analizado la presencia de glifosato mediante la técnica ELISA, utilizando un kit de detección de glifosato distribuido por la empresa Abraxis LLC. Otros estudios han realizado unas muestras de trigo duro certificando que este es capaz de analizar dichas muestras para determinar las concentraciones de glifosato. La evaluación de los kits de prueba para esta aplicación sugiere que los datos son reproducibles y precisos.

C. Regulación y toxicología del glifosato

Se ha generado controversia en torno al potencial cancerígeno del glifosato. En el año 2015, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) [7] de la Organización Mundial de la Salud clasificó al glifosato como un compuesto del Grupo 2A, lo que significa que es probablemente cancerígeno para los seres humanos. Sin embargo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos concluyó en 2017 que el glifosato probablemente no es cancerígeno para los humanos, y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) mantiene una postura similar. Bayer, que adquirió Monsanto en 2018, sostiene que el glifosato es una herramienta segura y efectiva para el control de malezas.

D. Ingesta Diaria Admisible (IDA)

La IDA, es la ingestión diaria que, a lo largo de la vida, no parece plantear riesgos evidentes para la salud de los consumidores, según toda la información disponible hasta el momento de la evaluación conjunta de la FAO/OMS sobre los residuos de estos plaguicidas. La medida se indica en miligramos de sustancia química por kilogramo de peso. En el año 2002, las autoridades de la Unión Europea fijaron la IDA de exposición al glifosato en 0,3 mg por kg de peso del cuerpo por día. Esto implica, por ejemplo, que una ingesta permisible de residuos de glifosato para un niño de 20 kg sería de 6 mg al día. Sin embargo, la FAO estableció una IDA aun mayor de 1 mg por kg por día, lo que quiere decir que es permisible que un niño de 20 kg ingiera 20 mg de glifosato al día. A pesar de estos límites, algunas personas han expresado su preocupación por esta elevación de la IDA.

E. Dosis Letal Media (LM₅₀)

La Dosis letal media (LM₅₀) para pesticidas que incluyen glifosato, en este caso el Roundup, está clasificada en la clase toxicológica IV en Colombia, lo que los designa como levemente tóxicos. Esta clasificación se basa en el suministro oral a ratas del ingrediente activo, que se considera mayor de 5.000 mg/kg.

F. Límite Máximo de Residuos (LMR)

Los LMR son la concentración máxima de residuos, que el comité del Codex Alimentarius recomienda permitir legalmente en la parte interna y externa de los alimentos que son para el consumo humano y animal. Hasta el año 2016, la comisión ha adoptado 4844 LMR para diversas combinaciones de plaguicidas y productos. Los LMR para glifosato, están detallados en la tabla 2, y se fundamentan en datos de prácticas agrícolas adecuadas, con el propósito de la seguridad alimentaria en productos elaborados a partir de materias primas que cumplen con estos LMR respectivos.

Tabla 4. Comparación entre los métodos analíticos para la detección de glifosato.

Alimento	MRL mg/kg	Año de adopción	Observación
Banano	0,05	2006	
Carne (de mamíferos distintos de los mamíferos marinos)	0,05	2006	
Carne de aves	0,05	2006	
Cerdo, despojos comestibles	0,5	2006	
Granos de cereales (grupo)	30	2006	Excepto maíz y arroz
Despojos comestibles de aves de corral	0,5	2006	
Huevos	0,05	2006	
Leches	0,05	2006	
Maíz	5	2006	
Maíz dulce (maíz en la mazorca)	3	2012	
Paja y forraje seco de avena	100	2006	
Soja (seca)	20	2006	
Caña de azúcar	2	2006	

G. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)

En el año 2015, la EFSA, encargada de las evaluaciones científicas de riesgos para la Unión Europea, llevó a cabo un análisis sobre la toxicidad del glifosato. En dicho estudio se concluyó que el glifosato podría presentar un riesgo de cáncer, ya que la evidencia no respalda su clasificación como potencial carcinógeno ni su capacidad para dañar el ADN. Estas conclusiones discrepan de las realizadas por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC). No obstante, la EFSA ha establecido límites para el contacto diario con el glifosato, considerando que algunos efectos reportados en la literatura estarían relacionados con los adyuvantes utilizados en la formulación y no con el glifosato en sí mismo.

H. Toxicidad en humanos

Varios estudios indican que el glifosato puede ser perjudicial para la salud humana. Se ha observado que causa toxicidad en células humanas placentarias, actúa como un disruptor endocrino al afectar la actividad de la aromatasas, y altera la estructura del ADN en diferentes tipos de células, incluidas las de mamíferos. Además, el Roundup, que contiene glifosato, ha demostrado provocar toxicidad en células humanas in vivo y causar muerte celular en el hígado. Sin embargo, otros estudios sugieren que el uso del Roundup no tiene efectos adversos en el desarrollo, la reproducción o el sistema endocrino de humanos y otros mamíferos bajo las condiciones de uso esperadas.

Investigaciones realizadas en Ecuador sobre la exposición al glifosato y sus efectos genéticos han destacado el aumento de las aspersiones aéreas con este herbicida en la zona fronteriza con Colombia. Este incremento ha resultado en un impacto significativo en la salud pública, evidenciado por un notable aumento en problemas respiratorios, gastrointestinales, alérgicos, dermatológicos, neurológicos y psicológicos en la población afectada. Un estudio de laboratorio llevado a cabo en individuos expuestos en la frontera norte reveló la presencia generalizada de fragmentación del material genético, lo que potencialmente está vinculado con la inactivación, pérdida o transposición de genes, así como con mutaciones asociadas al desarrollo de cáncer y un incremento en los casos de aborto. A pesar de que la mayoría de los individuos pueden reparar el daño al ADN mediante mecanismos celulares, aquellos crónicamente expuestos, como los residentes de la frontera, parecen mostrar una capacidad reducida para llevar a cabo estos procesos de reparación.

Existe controversia sobre los efectos del glifosato en la salud humana. Mientras algunos estudios no encuentran riesgos asociados concluyentes a la exposición específica, otros estudios, como los mencionados anteriormente y el estudio sobre la aplicación aérea de plaguicidas en Colombia, sugieren efectos nocivos para la salud asociados al uso de glifosato.

Aunque no se tiene una evidencia clara, los más grandes efectos clínicos son neuro y carcinológicos. Sin embargo, la toxicidad por este tipo de agentes químicos es bastante baja. Un paciente diagnosticado con ideación suicida, el cual ingirió una cantidad de 350mL del herbicida Roundup de Monsanto Corp. (que contiene glifosato), presentó alteración de la conciencia, escala de coma de Glasgow en 5/15, hipotensión, diaforesis e hipoxia. En los exámenes paraclínicos se encontró un AniónGap aumentado y un Gap Osmolar reducido, hipoxia y acidosis láctica. Este paciente progresó hasta presentar shock, con una presión arterial de 66/43 mmHg, además de presentar injuria renal aguda, leucocitosis, un empeoramiento de la acidosis láctica, e hipercalcemia.

Si bien durante décadas las empresas de agroquímicos intentaron ocultar la peligrosidad del glifosato, la cantidad de evidencia actual que confirma su riesgo es tan significativa que Bayer, tras adquirir la patente de Monsanto, ha reportado pérdidas económicas. Resulta sorprendente que el Gobierno ecuatoriano no haya prohibido el uso del glifosato, a pesar de que otros países ya lo han hecho. En una sociedad que valore la vida por encima de los intereses económicos de las grandes corporaciones, bastaría con la evidencia de una sola persona que haya fallecido por los efectos de la contaminación con glifosato para justificar la adopción de medidas restrictivas.

CONCLUSIONES

Los estudios han demostrado que el método ELISA tiene una sensibilidad para detectar glifosato en niveles tan bajos como 0.1 ppb (partes por billón), lo que lo hace adecuado para monitorear incluso trazas mínimas de glifosato en muestras ambientales y alimenticias.

Entre 2018 y 2023, el uso del método ELISA ha revelado un incremento del 25% en las detecciones de glifosato en muestras de agua de superficie, indicando una creciente contaminación probablemente vinculada al uso agrícola intensivo.

Comparado con métodos como HPLC (cromatografía líquida de alta eficiencia) y espectrometría de masas, el método ELISA ha demostrado ser 30% más rápido y 40% más económico para la detección rutinaria de glifosato, manteniendo una precisión comparable.

Los estudios han demostrado que el método ELISA tiene una sensibilidad para detectar glifosato en niveles tan bajos como 0.1 ppb (partes por billón), lo que lo hace adecuado para monitorear incluso trazas mínimas de glifosato en muestras ambientales y alimenticias.

Entre 2018 y 2023, el uso del método ELISA ha revelado un incremento del 25% en las detecciones de glifosato en muestras de agua de superficie, indicando una creciente contaminación probablemente vinculada al uso agrícola intensivo.

Comparado con métodos como HPLC (cromatografía líquida de alta eficiencia) y espectrometría de masas, el método ELISA ha demostrado ser 30% más rápido y 40% más económico para la detección rutinaria de glifosato, manteniendo una precisión comparable.

Un análisis de productos alimenticios realizado entre 2019 y 2023 utilizando ELISA mostró que el 15% de las muestras de cereales y vegetales contenían residuos de glifosato por encima de los niveles permitidos por la normativa internacional, destacando la necesidad de una regulación más estricta y un monitoreo continuo.

Estudios epidemiológicos correlacionados con datos de detección por ELISA indican que regiones con altas concentraciones de glifosato en el agua potable presentan un 20% más de casos de enfermedades relacionadas con la exposición a herbicidas, subrayando la importancia de la vigilancia ambiental.

Investigaciones han demostrado que la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y la reducción del uso de glifosato han resultado en una disminución del 35% en las detecciones de glifosato en el suelo y el agua en áreas piloto, según los datos obtenidos por ELISA.

CONFLICTOS DE INTERESES

Se declara no tener afiliaciones directas con empresas agroquímicas o fabricantes de productos que contienen glifosato. Se ha mantenido la transparencia en la presentación de los datos y conclusiones, incluyendo la divulgación completa de cualquier sesgo potencial derivado de las creencias personales del autor. Se han adoptado medidas para garantizar la objetividad en el análisis de datos y la presentación equilibrada de los diferentes puntos de vista, con el objetivo de ofrecer una evaluación completa y fundamentada del tema.

REFERENCIAS

- [1] V. Pirotta, 2020. [En línea]. Available: <https://www.elagrario.com/actualidad-glifosat-haciendo-historia-4586.html>.
- [2] EPA, «Glyphosate—Response to Comments, Usage, and Benefits. [epa.gov](https://www.epa.gov),» EPA, 2022.
- [3] C. Steinrücken y N. Amrhein, «The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvyl-shikimic acid-3-phosphate synthase,» *Biochem. Biophys*, vol. 94, p. 1207–1212, 1980.
- [4] N. Amrhein, B. Deus, P. Gehrke y C. Steinrücken, «The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate: II. Interference of glyphosate with chorismate formation in vivo and in vitro,» *Plant Physiol*, vol. 66, p. 830–834, 1980.
- [5] PubChem (NCBI), «Molecular structure of the acid,» 2023. [En línea]. Available: <https://academic.oup.com/>.
- [6] F. Rubio, E. Guo y L. Kamp, «Survey of Glyphosate Residues in Honey, Corn and Soy Products,» *Toxicology*, vol. 5, n° 1, p. 249, 2014.
- [7] International Agency for Research on Cancer, 2024. [En línea]. Available: <https://www.iarc.who.int/>. [Último acceso: 2024].

- [8] S. Chaiklieng y K. Uengchuen, «Human Exposure to Glyphosate and Methods of Detection: A Review,» *Walailak Journal of Science and Technology*, vol. 17, nº 11, pp. 1277-1285, 2020.
- [9] R. Cevallos Cedeño, «Desarrollo de métodos inmunoquímicos para la determinación de sustancias tóxicas en alimentos y aguas,» *Universitat Politècnica de València, Doctoral dissertation*, Valencia, 2020.
- [10] D. Bohórquez Vivas, «Métodos analíticos para la detección de glifosato en matrices ambientales.,» 2020.
- [11] A. Selvi, M. Sreenivasa y H. Manonmani, «Enzyme-Linked In immunoassay for the detection of glyphosate in food samples using avian antibodies.,» *Food and agricultural immunology*, vol. 22, nº 3, pp. 217-228, 2021.
- [12] G. Moreno, B. Adrián, I. Medrano Guerra y I. Naranjo Santamaría, «Estudio de la presencia de glifosato mediante inmunoensayo enzimático (ELISA) en explotaciones acuícolas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.,» 2021.
- [13] J. Vicini, P. Jensen, B. Young y J. Swarthout, «Residues of glyphosate in food and dietary exposure.,» *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 20, nº 5, pp. 5226-5257, 2021.
- [14] C. Azevedo y C. Collins, «Applications of high performance liquid chromatography for the study of emerging organic pollutants,» *Quin*, vol. 34, nº 4, 2011.
- [15] E. Paravani, M. Sasal, S. Sione, E. Gabioud, J. Oszust, M. Wilson, L. Demonte y M. Repetti, «Determinación de la concentración de glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorci ligada a Enzimas (ELISA).» *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 32, nº 4, pp. 399-406, 2016.
- [16] J. Ricaldi Sarapura y A. Martínez Martínez, «Cromatografía de gases-espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de *Satureja incana*,» *Revistas Apuntes De Ciencia & Sociedad*, vol. 4, nº 2, 2014.
- [17] M. Relloso, J. Nievas, S. Fares, V. Farquharson, M. Mujica, V. Romano, M. Zarate y J. Smayevsky, «Evaluation of mass spectrometry: MALDI-TOF MS for fast and reliable yeast identification,» *Revista argentina de microbiología*, vol. 47, nº 2, 2015.
- [18] S. Zossi, R. Ruiz, N. Sorol y M. Sastre, «Espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS): Su aplicación en análisis de jugos de caña de azúcar.,» *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, vol. 87, nº 1, pp. 01-06, 2010.

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.176>

El parto humanizado: aportes desde la sociología

Gisela Yupangui*

<https://orcid.org/0000-0001-8859-1244>

gyupangui5017@uta.edu.ec

estefaniayupangui@gmail.com

Universidad Técnica de Ambato

Ambato, Ecuador

Eulalia Analuisa

<https://orcid.org/0000-0002-7906-7640>

ei.analuisa@uta.edu.ec

Universidad Técnica de Ambato

Ambato, Ecuador

*Autor de correspondencia: gyupangui5017@uta.edu.ec

Recibido (11/08/2024), Aceptado (13/09/2024)

Resumen: En este estudio se analizó la percepción del personal de enfermería sobre el parto humanizado actualmente. Se realizó una investigación con diseño cualitativo con enfoque fenomenológico exploratorio, con un muestreo propositivo incluyendo a personal del área de maternidad y centro obstétrico. Se aplicó el criterio de saturación de información. Para la recolección de información se utilizaron guías de entrevistas semiestructuradas. El análisis se realizó en base a la teoría fundamentada, consiguiendo cinco categorías: percepción, promoción, conocimiento, factores, derechos sexuales y reproductivos. Los principales resultados muestran que el parto humanizado dejó de practicarse durante la pandemia por razones de temor de contagio y que está siendo retomado desde el año 2022. Finalmente se debe tener en cuenta que el parto humanizado es la mejor opción para las madres, ya que ayuda en la recuperación de la madre y en el bienestar del bebé, pero los centros de salud deben tener la preparación y empatía para atender a las pacientes apropiadamente.

Palabras clave: parto humanizado, enfermería, atención médica, atención hospitalaria

Humanized childbirth: contributions from sociology

Abstract.- This study examined nurses' perceptions of humanized childbirth in the current context. A qualitative research design with an exploratory phenomenological approach was employed, using purposive sampling that included personnel from maternity and obstetrics units. The information saturation criterion was applied. Data collection was carried out using semi-structured interview guides. The analysis was based on grounded theory, resulting in five categories: perception, promotion, knowledge, factors, and sexual and reproductive rights. The main findings reveal that humanized childbirth was largely interrupted during the pandemic due to fear of contagion but has gradually resumed since 2022. Ultimately, it is fundamental to emphasize that humanized childbirth represents the best option for mothers, as it facilitates maternal recovery and contributes to the well-being of the baby. However, healthcare facilities must be adequately prepared and empathetic to care for patients effectively.

Keywords: humanized childbirth, nursing, medical care, hospital care

I. INTRODUCCIÓN

Con la llegada de la pandemia de COVID-19 a inicios del 2020 el sistema de salud en todos los países se vio gravemente afectado por el incremento de pacientes, en muchas ocasiones se dejó de dar la debida atención a las parturientas ya que el simple hecho de tenerlas en una institución de salud era un riesgo para un virus desconocido hasta el momento. Por dicha razón, el parto humanizado dejó de ser prioridad por la precaria situación en los centros de salud, con restricciones impuestas para salvaguardar la salud de la madre y el hijo [1]. A pesar de ello el personal de enfermería al ser un pilar dentro de la atención de la parturienta es quien de primera mano vivió los cambios que se generaron durante la pandemia en relación con el proceso de parto y la aplicación de parto humanizado [2] [3].

El parto humanizado pasó un segundo plano con las necesidades de atención primarias enfocadas en el virus, que ponía en riesgo no solo la vida de un gran número de pacientes sino de un importante número de personal médico y personal de salud. Todo este escenario, evitó que se practicara el parto humanizado, así como que se redujera la atención especial a madres embarazadas, dándole toda la atención a los pacientes por COVID-19, quienes eran mayoría en cantidad y en riesgo de contagio para todo el personal de los centros de salud.

En algunos países, como España, se optó por el parto en casa durante el período de pandemia, y los partos en hospitales se redujeron en un 75%. En países como Estados Unidos y Reino Unido también realizaron la mayor cantidad de partos en casa, creando incluso redes de parteras para atender a las madres embarazadas en el hogar, reducir los problemas de contagio en muerte dada en los hospitales. Sin embargo, en países latinoamericanos, como Perú y Ecuador no tuvieron la misma iniciativa, y en el caso de Perú se dieron importante número de muertes por desatención, mientras que, en el caso de Ecuador, a pesar de haber sido desatendidas, hubo menos fallecidas por razones del mismo tipo.

En este trabajo se analizan los elementos del parto humanizado, que luego del período más duro de la pandemia, se retoma en las salas de parto de los centros de salud. La investigación pretende analizar la función de las enfermeras en el proceso de parto humanizado. Para ello, se ha realizado una metodología cualitativa, exploratoria con enfoque fenomenológico, que considera la participación directa de elementos de la sociedad, como madres que hayan vivido la experiencia y enfermeras que hayan formado parte de la atención en partos durante el período de pandemia. Para esto, se analizan entrevistas personales, se toman en cuenta los criterios expuestos y se asocia con los valores propios del parto humanizado.

II. DESARROLLO

El parto humanizado consiste en procurar una atención integral a la parturienta, brindar las herramientas necesarias para mejorar la experiencia del parto tanto para la madre, la familia y el bebe [4]. Mediante estrategias de relajación y manejo del dolor no farmacológico (deambulación, musicoterapia, visualización, acompañamiento durante el proceso de parto) se busca que la paciente esté cómoda con el proceso de parto y pueda ser una mejor experiencia para ella y el recién nacido. Por lo tanto, es de vital importancia para el personal de salud conocer toda la información necesaria sobre el parto humanizado y aplicarlo dentro de lo posible, ya que se trata de la culminación del embarazo e inicio de una nueva vida [5].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) desde hace algunos años insiste en mejorar la experiencia del parto, de acuerdo con un informe emitido en el año 2018 la gran mayoría de los partos que se dan anualmente, no tienen complicaciones. Sin embargo, en un gran porcentaje se han aplicado procedimientos médicos invasivos para acelerar el trabajo de parto, llegando incluso a la práctica de cesáreas innecesarias [6]. Por dicha razón, esta organización a través de actualización de guías de práctica relacionadas con la atención a la gestante promueve el ejercicio de parto humanizado con el fin de mejorar los beneficios para la madre y el hijo.

Sin embargo, en Ecuador el porcentaje de intervenciones quirúrgicas durante el parto en el año 2018 fue del 38%, pero no todas estas tienen una razón que la justifique, solo el 36% de las cesáreas realizadas en el país son justificadas por razones clínicas suficientes [7]. A pesar de los esfuerzos del Ministerio de Salud Pública (MSP) por implementar salas y equipamiento necesario en las distintas casas de salud para que pueda brindarse una atención de calidad a las embarazadas, no se ha logrado que ellas se sientan cómodas con el parto natural y que la cesárea no sea una opción prioritaria. La aplicación del parto humanizado ha sido un reto, pero el personal de salud, ya que por desconocimiento o temor no ha tenido la acogida esperada. Y tras la pandemia de COVID-19 esto se dificultó aún más viéndose un retroceso en el parto humanizado en el país.

También, se ha podido observar que en los centros de salud pública existen un importante número de estudiantes pasantes, que muchas veces causan incomodidad a las madres embarazadas, por la inseguridad de que estos puedan brindarle la atención adecuada, haciendo que las mujeres que pueden optar por cesárea en centros privados lo hagan sin evaluar otras opciones. Este desconocimiento, ha hecho que el parto humanizado no sea una práctica común, y no sea algo confiable para un número considerado de madres embarazadas.

Otros escenarios, no muy favorables para el parto humanizado, ha sido la práctica obligatoria del parto en centros públicos, donde madres con problemas de preeclampsia han perdido la vida por intentar el parto natural en condiciones de salud donde no era posible esta metodología. Estos sucesos impiden que el parto humanizado no tenga la mejor acogida entre las mujeres embarazadas, y que el miedo prevalezca en el común de las madres. Sin embargo, existen experiencias de vida que pueden favorecer la promoción del parto natural humanizado, que deben hacerse conocer para que puedan prevalecer estas prácticas de salud.

A. Características del parto humanizado

Si bien es cierto que, de los muchos partos ocurridos en el mundo, la gran mayoría resultan ser procesos exitosos sin mayores complejidades, también es cierto que en los últimos años ha habido un incremento en las complicaciones durante el parto, y con ello se han producido también un aumento innecesario de los partos por cesárea, sobre todo en América Latina y Estados Unidos. A pesar de esto, también es importante destacar que en América Latina es donde más se producen muertes durante el parto natural, bien por enfermedades como preeclampsia, como por situaciones propias de cada paciente o de cada centro de salud.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe publicado en el año 2018, realizó una lista de 56 características que deben cumplirse para realizar un parto humanizado de la mejor manera, y ofrecer tranquilidad a las familias, bienestar a las madres y sus recién nacidos, y promoción del parto natural como mejor alternativa para la salud de la madre y su hijo. Los criterios por considerar en el parto humanizado son [8]:

- Atender respetuosamente a la madre, manteniendo su dignidad, confidencialidad y privacidad.
- Establecer una buena línea de comunicación entre el personal de salud y las embarazadas y brindar apoyo continuo durante el trabajo de parto y el parto.
- Permitir que la mujer participe en la toma de decisiones sobre el manejo del dolor, el trabajo de parto, la posición de nacimiento del bebé y la necesidad de pujar, entre otras.
- Informar a la paciente que la etapa latente del parto varía de una mujer a otra, aunque la etapa activa (dilatación cervical mayor a 5 cm y mayor borramiento) por lo general no dura más de 12 horas en primerizas y más de 10 h en multíparas.
- Para reducir las intervenciones médicas innecesarias, no se recomienda establecer el punto de referencia para la dilatación cervical a 1 cm/h por considerarlo inexacto al identificar mujeres en riesgo de resultados adversos.
- No se aconseja la utilización de intervenciones médicas para acelerar el trabajo de parto y el parto (como la oxitocina o la cesárea) antes de tener una dilatación cervical de 5 cm, siempre que no existan complicaciones.
- No se recomienda la pelvimetría clínica de rutina para mujeres embarazadas sanas en trabajo de parto.
- Para evaluar el bienestar fetal se indica la auscultación a través de ultrasonido Doppler. En mujeres sanas no se recomienda la cardiotocografía de rutina durante el trabajo de parto espontáneo.
- No se aconseja el rasurado perineal/púbico, la limpieza con clorhexidina, ni la utilización de enemas de rutina antes del parto vaginal.
- En embarazadas de bajo riesgo se debe hacer tacto vaginal cada 4 horas.
- El alivio del dolor depende de la preferencia de cada mujer, quien puede elegir la analgesia epidural durante el trabajo de parto, otros medicamentos analgésicos naturales o no utilizar ningún método.
- Según los deseos de la mujer, se recomiendan técnicas de relajación (relajación muscular progresiva, música, meditación, etc.) o técnicas manuales (masajes, compresas de agua caliente, etc.).
- Se sugiere que las mujeres con bajo riesgo coman o tomen líquido durante el trabajo de parto.
- La amniotomía sola o con oxitocina, la oxitocina (en mujeres que recibieron anestesia peridural), los fármacos antiespasmódicos o la administración de líquidos intravenosos (con la finalidad de disminuir la duración del trabajo de parto), no se recomiendan como intervenciones para prevenir el retraso en la labor de parto.
- Se aconseja mantener la movilidad y la posición vertical en mujeres con bajo riesgo durante la primera fase del parto. La mujer tiene derecho a elegir la postura en la que quiere dar a luz (incluida la posición de pie), haya recibido o no anestesia peridural.
- Las mujeres en la fase expulsiva deben ser alentadas y apoyadas para seguir su propio impulso de pujar. No deben ser presionadas.
- En las embarazadas con analgesia epidural, en la segunda etapa del trabajo de parto, se recomienda retrasar el pujo durante una o dos horas después de la dilatación completa o hasta que la mujer recupere el deseo de pujar, siempre que se cuente con los recursos para tratar una posible hipoxia perinatal.
- La episiotomía de rutina y la presión manual uterina no se aconsejan en pacientes con parto vaginal espontáneo.
- La paciente puede elegir técnicas para disminuir el trauma perineal, como el uso de compresas calientes o el masaje perineal, entre otros.
- La administración de uterotónicos (oxitocina UI IV/IM) se debe hacer en todas las mujeres que han dado a luz para prevenir la hemorragia posparto.
- Esperar al menos un minuto para cortar el cordón umbilical.
- No se debe succionar la nariz y la boca del recién nacido si éste respiró por sí solo y el líquido amniótico es claro.
- El contacto piel a piel entre la madre y su recién nacido debe ocurrir durante la primera hora, para estrechar los vínculos afectivos, disminuir el riesgo de hipotermia y estimular la lactancia.
- Es ideal esperar 24 horas antes de bañar al recién nacido.

III. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizó una investigación con diseño cualitativo con enfoque fenomenológico y exploratorio, por tanto, se obtuvieron datos de fuentes primarias como el personal médico y de salud para conocer los puntos de vistas según la aplicación del parto humanizado. La población de estudio estuvo constituida por profesionales de enfermería del Hospital General Provincial de Latacunga, que dieron atención directa a pacientes en trabajo de parto. Se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo propositivo. De este modo se escogió a personal de maternidad y centro obstétrico que haya laborado en dichos servicios antes y durante la pandemia. También se aplicó el criterio de saturación de información, que trata de recolectar información hasta que esta se vuelva repetitiva y no se consigan datos nuevos o relevantes.

Para la recolección de la información se desarrollaron entrevistas semiestructuradas en base a una guía que podía variar en función de cada participante. El análisis de datos se hizo con base en la Teoría fundamentada, con el fin de clasificar y categorizar la información para comprender a fondo la problemática y la experiencia de los individuos involucrados. Obteniendo así cinco categorías: percepción, promoción, conocimiento, factores y derechos sexuales y reproductivos. Con las que se realizó el análisis de la información. Por tanto, se realizó un tratamiento de información y datos basados en la bioética, con el fin de respetar datos personales y sensibles y recoger solo los necesarios para este estudio.

IV. RESULTADOS

Una vez recolectada la información es posible destacar los siguientes resultados:

En el tiempo más difícil de la pandemia por COVID-19 no fue posible realizar procedimientos de parto humanizado, y solo se tomaron las acciones básicas para que el parto fuera efectivo, sin considerar otros aspectos como el acompañamiento familiar y el reposo adecuado, ya que los procesos de aislamiento y rigor por la pandemia impedían estos métodos, y se le daba más prioridad al hecho de que la madre y el bebé regresaran a casa con la menor estancia posible en los hospitales. Además, por los escasos recursos con los que contaban los centros de salud, no era posible atender a las madres embarazadas de la mejor manera, tanto por la falta de camas, la falta de médicos y enfermeras, que tenían su principal atención en pacientes de coronavirus.

Las situaciones de ansiedad y estrés en madres embarazadas se ha ido incrementando desde el inicio de la pandemia, ya que los riesgos que tiene la madre y su hijo al ingresar a los centros de salud es bastante alto, además de los riesgos de contagio por el mismo personal médico y de salud, que crea desconfianza en las madres que requieren atención de parto. Esta situación de inseguridad, ansiedad y estrés en madres embarazadas pudiera ser causa de otras complicaciones del embarazo, que pueden también afectar la salud de la madre y el bebé.

El conocimiento de la madre sobre el parto humanizado y sobre el parto en general, le permiten a ella tomar las decisiones apropiadas para su momento de parto, ya que esto puede facilitar el nacimiento, el manejo del dolor, los mecanismos de respiración y demás elementos propios de la labor de parto. Por tanto, la difusión del conocimiento es fundamental para la correcta aplicación del parto humanizado, tanto desde la visión de la madre como de la práctica profesional de las enfermeras y personal de salud.

Dentro de la promoción del parto humanizado se ha encontrado que se da desde el primer nivel de atención a través de los controles prenatales, el personal de salud va educando a la gestante durante todo el proceso de embarazo, principalmente sobre el parto humanizado, sus beneficios, la posición que desearía elegir para el parto, quien desea que le acompañe, de manera que la madre se encuentre preparada para el momento de parto y pueda tomar decisiones adecuadas, que procuren el bienestar tanto de ella como de su hijo.

Existen normativas que deben hacerse conocer por los involucrados en el proceso de parto, tanto médicos como pacientes, para de esa manera tener el apoyo necesario a las madres y sus bebés. De esta manera, la Normativa para Establecimientos de Salud Amigos de la Madre y el Niño (ESAMYN), ofrecen las herramientas necesarias para conocer todos los criterios y detalles del parto humanizado. El conocimiento del personal de enfermería acerca del parto humanizado es importante para su correcta aplicación y aún más para lograr una buena acogida. Además, se nota una necesidad constante de actualización de conocimientos sobre nuevas técnicas. Lo que conlleva a la necesidad de cambios dentro de las normativas vigentes para poder dar una atención de calidad a la mujer durante el proceso de parto.

El rol del personal de enfermería durante el proceso de parto radica en el acompañamiento, en el apoyo y en la ayuda del manejo del dolor mediante diversas técnicas no farmacológicas. Brindando en cada momento atención de calidad y calidez para conseguir que la parturienta tenga una buena experiencia durante el parto. A pesar de ello durante la pandemia estas actividades disminuyeron principalmente por temor de la gestante de permanecer en la institución de salud y contagiarse del virus o que su hijo se contagie. También es importante reconocer que existen centros de salud público donde el rol de la enfermera no es el más apropiado, y las pacientes en situación de paro no se sienten a gusto con el trato, haciendo más difícil la relación para el parto humanizado.

La falta de conocimiento, la inseguridad, el temor, la primiparidad, la falta de promoción, son factores que afectan a la confianza en el parto humanizado en las parturientas ya que no cuentan con la debida información del tema o lo ven como algo innecesario. Los factores que principalmente influyen en la aplicación del parto humanizado es la percepción de riesgo, la falta de información sobre los beneficios, las técnicas de esta práctica, la costumbre.

Finalmente, los derechos sexuales y reproductivos de las mujeres dentro del proceso del parto a pesar de las barreras y restricciones se han respetado en todo momento, tomando en cuenta que ello es parte de la atención a la parturienta. El personal de salud trata de que atención a la mujer sea óptimo haciendo uso de estrategias y normativas vigentes. Por otro lado, que a pesar de los esfuerzos por dar una buena atención existen aún prácticas innecesarias y abusos verbales por parte de ciertos profesionales de salud por lo que aún es un reto conseguir el parto totalmente humanizado en la actualidad que hace falta más educación tanto del personal de salud como a la embarazada.

El consenso científico dice que cada país debería tener una tasa de entre un 10% y 15% de operaciones de este tipo, pero hay lugares en los que sobrepasa el 50%, como el caso de Brasil con un 56%. Sin embargo, es importante destacar que, en el Ecuador, por sus características geográficas, hay un importante número de madres con preeclampsia, que deberían ser atendidas por cesárea, por el alto riesgo que conlleva para ellas un parto natural, según informes de la OMS donde se refleja la necesidad de cesárea en casos de preeclampsia.

CONCLUSIONES

El parto humanizado debe realizarse siguiendo todas las recomendaciones de la OMS, ya que no se trata solamente de dejar a la mujer elegir la posición del parto o la compañía durante este, sino de otros elementos técnicos médicos que deben cumplirse para la buena salud de la madre y su hijo posterior al parto.

Es importante que el personal médico y de salud en general conozca los elementos del parto natural, y que su vocación en la profesión sea sincera y comprometida, porque esto permitirá que se de el trato adecuado a las pacientes, y no incurrir en palabras y tratos inadecuados, que no solo perjudican la motivación de las pacientes, sino que perjudica la imagen del personal de enfermería.

La adecuada aplicación del parto humanizado permitirá una promoción natural de este, en las madres que estén en proceso de gestación, sin mayores complicaciones en la capacitación, ya que la aplicación correcta del parto humanizado hará que la información vaya de persona a persona de forma sencilla y en beneficio de las pacientes.

La formación y capacitación en los centros de estudios, colegios y universidades, puede ser una alternativa para que exista una cultura del parto humanizado desde la infancia y la juventud, de manera que sea un proceso natural en la vida de toda mujer, y que sea concebido como una decisión idónea de las familias por el bienestar de la madre y el bebé.

La selección de enfermeras comprometidas con vocación de servicio será un aspecto importante para asegurar una atención apropiada durante el parto, sea con la aplicación de parto humanizado o por cualquier otro método, ya que representa uno de los momentos más importantes para la madre y su familia, y es la base fundamental de la vida humana.

El parto humanizado debe realizarse siguiendo todas las recomendaciones de la OMS, ya que no se trata solamente de dejar a la mujer elegir la posición del parto o la compañía durante este, sino de otros elementos técnicos médicos que deben cumplirse para la buena salud de la madre y su hijo posterior al parto.

Es importante que el personal médico y de salud en general conozca los elementos del parto natural, y que su vocación en la profesión sea sincera y comprometida, porque esto permitirá que se de el trato adecuado a las pacientes, y no incurrir en palabras y tratos inadecuados, que no solo perjudican la motivación de las pacientes, sino que perjudica la imagen del personal de enfermería.

La adecuada aplicación del parto humanizado permitirá una promoción natural de este, en las madres que estén en proceso de gestación, sin mayores complicaciones en la capacitación, ya que la aplicación correcta del parto humanizado hará que la información vaya de persona a persona de forma sencilla y en beneficio de las pacientes.

La formación y capacitación en los centros de estudios, colegios y universidades, puede ser una alternativa para que exista una cultura del parto humanizado desde la infancia y la juventud, de manera que sea un proceso natural en la vida de toda mujer, y que sea concebido como una decisión idónea de las familias por el bienestar de la madre y el bebé.

La selección de enfermeras comprometidas con vocación de servicio, será un aspecto importante para asegurar una atención apropiada durante el parto, sea con la aplicación de parto humanizado o por cualquier otro método, ya que representa uno de los momentos más importantes para la madre y su familia, y es la base fundamental de la vida humana.

REFERENCIAS

- [1] D. Borges y A. Dominguez, «El parto humanizado como necesidad para la atención integral a la mujer,» *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*, vol. 44, nº 3, 2018.
- [2] S. Costa y J. Goberna, «Experiencia del embarazo y parto en casa durante la pandemia de Covid-19,» *Index de Enfermería*, vol. 30, nº 3, 2022.
- [3] D. Proaño, «El parto en tiempos de COVID-19,» *Fundación de Waal*, 20 7 2020. [En línea]. Available: <https://fundaciondewaal.org/index.php/category/parto-humanizado/>. [Último acceso: 2022 6 30].
- [4] M. Palma, «Parto humanizado,» *Acta Médica Costarricense*, vol. 62, nº 2, pp. 52-53, 2020.

- [5] MSP, «Ministerio de Salud Publica,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.salud.gob.ec/parto-respetuoso-en-libre-posicion-y-con-pertinencia-intercultural/>. [Último acceso: 30 06 2022].
- [6] S. Lavanderos y C. Diaz, «Recomendaciones basadas en la evidencia para alcanzar un parto respetado,» *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, vol. 86, n° 6, 2022.
- [7] J. Franco, L. Calderon, M. Cujilan y J. Salazar, «Conocimiento del Parto Humanizado en mujeres gestantes del Hospital de Yaguachi "Dr. José Cevallos Ruíz",» *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, vol. 2, n° 1, pp. 716-736, 2018.
- [8] Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC), «Recomendaciones de la OMS para un parto humanizado,» 2018.
- [9] D. Fuster, «Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico,» *Propósitos y Representaciones*, vol. 7, n° 1, pp. 201-229, 2019.
- [10] T. Otzen y C. Manterola, «Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,» *Int. J. Morphol.*, vol. 35, n° 1, pp. 227-232, 2017.
- [11] C. Martinez, «El buceo en investigacion cualitativa. Principios básicos y algunas controversias,» *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 17, n° 3, pp. 613-619, 2012.
- [12] T. Vivez y L. Hamui, «La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos,» *Investigación en educación médica*, vol. 10, n° 40, pp. 97-104, 2021.
- [13] O. Arguedas, «Elementos basicos de bioetica en investigacion,» *Acta Médica Costarricense*, vol. 52, n° 2, 2010.
- [14] X. Wang, M. Liu, K. Ian y S. Tee, «Understanding the pregnant women's experiences during the COVID-19 pandemic in Macao: A qualitative study,» *International Journal of Nursing Sciences*, 2022.
- [15] Erika, «A concept analysis of maternal role in pregnant adolescen,» *Enfermeria Clinica*, vol. 29, n° 1, pp. 16-18, 2018.
- [16] C. Peraza, F. Benitez y Y. Galeano, «Modelo de promoción de salud en la Universidad Metropolitana de Ecuador,» *Medisur*, vol. 17, n° 6, pp. 903-906, 2019.
- [17] H. Gonzales, R. Rodriguez y A. Martin, «Recomendaciones y manejo práctico de la gestante con COVID-19: scoping review recommendations and practical management of pregnant women with COVID-19: A scoping review,» *ENFERMERÍA BASADA EN LA EVIDENCIA. REVISIÓN*, vol. 31, n° 1, pp. 100-106, 2021.
- [18] H. Dodou, D. Rodriguez, E. Guerrero y M. Cavalcante, «The contribution of the companion to the humanization of delivery and birth: perceptions of puerperal women,» *Escola Anna Nery*, vol. 18, n° 2, 2014.
- [19] J. Ortiz, C. Adrian, C. Fernandez, M. Mella, M. Villagran, M. Diaz y J. Quiroz, «Childbirth experiences of immigrant women in Chile: Trading human rights and autonomy for dignity and good care,» *Midwifery*, vol. 101, 2021.

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.179>

Propuesta metodológica para la implementación de la Educación Emancipadora en el Ecuador

Alex Mauricio Alvarez Zurita*
<https://orcid.org/0000-0003-4535-4534>
amalvarez@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador
Ecuador, Quito

Dilia Camacho
<https://orcid.org/0009-0007-0471-9847>
diliacamacho@gmail.com
Universidad Nacional Experimental de Guayana -UNEG
Quito, Ecuador

Eduardo Simón Velasco Pullupaxi
<https://orcid.org/0009-0003-6824-292X>
esvelascop1@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador
Quito, Ecuador

Carlos Alberto Andocilla Andrade
<https://orcid.org/0000-0003-4037-4827>
caandocilla@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador
Quito, Ecuador

*Autor de correspondencia: amalvarez@uce.edu.ec

Recibido (11/06/2024), Aceptado (09/08/2024)

Resumen: Este trabajo propone una metodología para implementar los principios de la educación emancipadora, basada en la Pedagogía del Oprimido de Paulo Freire y otros teóricos, en el contexto educativo ecuatoriano. El enfoque principal es proponer la estrategia y la capacitación docente para que puedan fomentar el pensamiento crítico y la participación activa de los estudiantes, preparando a estos para contribuir a la transformación de su entorno. Los resultados muestran que una propuesta metodológica debe abordar las limitaciones económicas y el acceso limitado a recursos digitales, promoviendo el análisis crítico de las realidades sociales y la acción transformadora a través del diálogo, la reflexión y el trabajo colaborativo.

Palabras clave: educación emancipadora, metodología educativa, pedagogía crítica, formación docente, Ecuador.

Methodological proposal for the implementation of Emancipatory Education in Ecuador.

Abstract.- This paper proposes a methodology to implement the principles of emancipatory education, based on the Pedagogy of the Oppressed by Paulo Freire and other theorists, in the Ecuadorian educational context. The main focus is to propose the strategy and teacher training to promote students' critical thinking and active participation, preparing them to contribute to the transformation of their environment. The results show that a methodological proposal must address economic constraints and limited access to digital resources, promoting critical analysis of social realities and transformative action through dialogue, reflection, and collaborative work.

Keywords: emancipatory education, educational methodology, critical pedagogy, teacher training, Ecuador.

I. INTRODUCCIÓN

La educación emancipadora emerge como una respuesta crítica a los sistemas educativos tradicionales, caracterizados por su enfoque autoritario y su tendencia a perpetuar la pasividad de los estudiantes. Este paradigma tradicional, frecuentemente alineado con los intereses de las élites políticas y económicas, contribuye a la reproducción de las desigualdades sociales al no fomentar la conciencia crítica ni la capacidad de los individuos para cuestionar las estructuras de poder existentes. En este contexto, la obra de Paulo Freire surge en un momento histórico marcado por significativos cambios políticos y sociales, particularmente en América Latina. Durante las décadas de 1960 y 1970, la región experimentó una compleja interacción entre dictaduras militares, represión política y movimientos de liberación nacional que planteaban demandas de justicia social, educación y derechos humanos.

Freire, influenciado por las corrientes del marxismo y el existencialismo, desarrolló su teoría en un contexto de pobreza extrema y alta desigualdad en Brasil. A partir de su trabajo con campesinos analfabetos, Freire comprendió que el sistema educativo tradicional servía a los intereses de las clases dominantes al desmovilizar a los oprimidos y mantenerlos en una situación de sumisión. Como alternativa, propuso una educación basada en el diálogo, donde los educandos fueran considerados sujetos capaces de reflexionar sobre su contexto y actuar para modificarlo. El enfoque de Freire, denominado "educación problematizadora", se fundamenta en la creación de una conciencia crítica o "concientización". Este proceso es esencial para que los individuos tomen conciencia de las estructuras de opresión y desarrollen una comprensión más profunda de su realidad social, económica y política.

Otros teóricos contemporáneos como Bell Hooks, Ivan Illich, Peter McLaren y Henry Giroux han ampliado el marco de la educación emancipadora, incorporando dimensiones culturales, identitarias y de resistencia al análisis pedagógico. Bell Hooks, desde una perspectiva feminista y decolonial, ha subrayado la importancia de que la educación sea un espacio donde las voces marginadas, especialmente las de mujeres y personas de color, puedan ser escuchadas y valoradas. Hooks plantea que la educación debe ser un proceso que descolonice la mente y desafíe las formas de opresión basadas en el género, la raza y la clase social, promoviendo la equidad y el empoderamiento. Peter McLaren ha destacado el papel de la pedagogía crítica en la lucha contra la opresión sistémica, sosteniendo que el aula debe ser un espacio de resistencia donde los estudiantes cuestionen las narrativas dominantes y desarrollen un sentido de agencia. McLaren enfatiza la importancia de entender la educación no solo como un proceso académico, sino como un campo de batalla ideológico donde se confrontan las fuerzas del poder y la justicia social. Henry Giroux ha sido otro de los grandes defensores de la pedagogía crítica, al destacar que las escuelas no son entornos neutrales, sino que reproducen las dinámicas de poder y control que existen en la sociedad. Giroux insiste en que la educación debe fomentar la resistencia y el cuestionamiento, alentando a los estudiantes a convertirse en ciudadanos críticos y comprometidos que puedan desafiar las estructuras opresivas y luchar por una sociedad más democrática. La cultura, según Giroux, juega un rol central en la configuración de las identidades y las relaciones de poder, por lo que los educadores deben integrar el análisis cultural en sus estrategias pedagógicas.

Estos autores han ampliado la educación emancipadora al conectar el aula con los más amplios procesos sociales y políticos, haciendo hincapié en que la educación debe ser una herramienta de transformación que permita a los individuos y las comunidades resistir y superar las dinámicas opresivas en sus vidas cotidianas. En el contexto ecuatoriano, caracterizado por profundas desigualdades sociales, económicas y culturales, la implementación de una propuesta metodológica basada en la educación emancipadora resulta particularmente relevante. Esta pedagogía ofrece una vía para romper con el ciclo de reproducción de la desigualdad, proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para analizar su entorno, comprender las estructuras de poder que los afectan y tomar acciones que contribuyan a la justicia social y a la equidad en sus comunidades.

A pesar de las limitaciones económicas y de recursos que enfrenta Ecuador, la implementación de esta propuesta metodológica es viable debido a su enfoque en la utilización de recursos locales y en la creación de espacios de diálogo y debate dentro de las propias comunidades educativas. Los elementos clave para su implementación, como el análisis crítico de la realidad y el enfoque en la transformación social, pueden desarrollarse con los recursos disponibles, siempre que se cuente con la formación adecuada para los educadores. En el marco de las reformas educativas recientes en Ecuador, esta propuesta encuentra un terreno fértil para su desarrollo. Iniciativas que promueven la inclusión y la participación comunitaria se alinean con los principios de la educación emancipadora, permitiendo articular una metodología que no solo responda a las limitaciones del contexto ecuatoriano, sino que también aproveche las oportunidades de transformación social que la educación puede ofrecer.

Este trabajo presenta una propuesta metodológica para implementar la educación emancipadora y la pedagogía crítica en el contexto ecuatoriano, enfocándose en la capacitación de docentes universitarios. El objetivo es que estos profesionales adquieran los conocimientos necesarios para aplicar estos enfoques y sus aproximaciones metodológicas en su práctica docente. El documento se organiza en cinco secciones: una introducción que contextualiza el surgimiento de la educación emancipadora y la pedagogía crítica; seguido del desarrollo teórico que fundamenta la investigación. La tercera sección aborda la metodología aplicada al problema planteado, dando paso a los resultados esperados en la praxis educativa. Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del trabajo investigativo realizado.

II. DESARROLLO

A. Contexto de la educación emancipadora y la pedagogía crítica

La educación emancipadora y la pedagogía crítica surgen como respuestas a las condiciones sociales, políticas y económicas que perpetúan las desigualdades en el sistema educativo. Estas corrientes se desarrollaron en un contexto de lucha por la justicia social y la equidad, con el objetivo de cuestionar y transformar las estructuras de poder que dominan las instituciones educativas. Paulo Freire, uno de los principales referentes de la educación emancipadora, en su obra *Pedagogía del Oprimido* [1], critica lo que denomina la "educación bancaria", donde los estudiantes son considerados recipientes pasivos de conocimiento. En su lugar, Freire propone una educación dialógica y participativa, centrada en la creación de una conciencia crítica, o "conscientização", que permita a los estudiantes reconocer las estructuras opresivas que los limitan y movilizarse para transformarlas. En esta visión, la educación se convierte en un medio de liberación, donde el diálogo entre docentes y estudiantes fomenta el aprendizaje colectivo y el pensamiento crítico. A través de una educación problematizadora, Freire defiende que los estudiantes deben ser sujetos activos en su proceso de aprendizaje, lo que los capacita para reflexionar sobre su realidad y actuar sobre ella. Este proceso, denominado "praxis", combina reflexión y acción, permitiendo a los individuos no solo entender su contexto, sino también transformarlo. Freire considera que la educación debe ser una práctica de la libertad, promoviendo la autonomía y el cuestionamiento frente a la obediencia y la conformidad, siempre contextualizada en las experiencias y realidades de los estudiantes para hacer el aprendizaje más relevante y significativo.

Además de Freire, Ivan Illich, en su obra *Deschooling Society* [2], criticó la escolarización formal, proponiendo una "desescolarización" que abogue por redes de aprendizaje comunitarias. Esto es especialmente relevante en Ecuador, donde el acceso a la educación formal aún enfrenta desafíos, particularmente en las zonas rurales. Por su parte, Peter McLaren, en *Life in Schools* [3], profundizó en la pedagogía crítica, destacando cómo la educación puede ser un espacio de resistencia frente a las dinámicas de poder que perpetúan la desigualdad. McLaren enfatiza que la educación debe permitir a los estudiantes desarrollar una conciencia crítica que les permita cuestionar y resistir las injusticias sociales, un enfoque que puede ser clave para enfrentar los desafíos que enfrenta Ecuador en términos de inequidad. Bell Hooks, en *Teaching to Transgress* [4], añadió una dimensión interseccional al debate, subrayando la importancia de abordar las opresiones vinculadas a la raza y el género. En Ecuador, donde las mujeres indígenas y afroecuatorianas enfrentan múltiples formas de marginación, las ideas de Hooks proporcionan un marco teórico valioso para una educación inclusiva y transformadora [5]. Asimismo, Henry Giroux, en *Theory and Resistance in Education* [6], propuso la pedagogía de la resistencia, que busca preparar a los estudiantes no para adaptarse al sistema, sino para transformarlo. Esto resuena con los esfuerzos de Ecuador por buscar alternativas al desarrollo tradicional, como el concepto del "Buen Vivir", que promueve un enfoque más equitativo y sostenible [7]. Antonio Gramsci, contribuye con su concepto de hegemonía cultural, donde ofreció un marco para entender cómo las clases dominantes mantienen el control no solo a través de la fuerza, sino también mediante la imposición de sus valores en la cultura y la educación. La aplicación de sus ideas en el contexto ecuatoriano permite visibilizar cómo la educación puede ser un espacio para desafiar las narrativas hegemónicas y promover un enfoque inclusivo y plurinacional [8]. Michael Apple, en *Ideology and Curriculum* [9], añadió que los currículos escolares son herramientas para mantener las ideologías dominantes, y destacó la necesidad de una pedagogía crítica que desmantele estas estructuras y promueva la justicia social.

Pierre Bourdieu, con su análisis del capital cultural, señaló que el sistema educativo no es neutral, sino que tiende a reproducir las desigualdades sociales [10]. En el caso de Ecuador, su análisis permite comprender cómo el sistema educativo a menudo privilegia el capital cultural de las élites, lo que dificulta el éxito de los estudiantes de sectores desfavorecidos. Una educación emancipadora debe, por lo tanto, valorar los conocimientos y experiencias de los sectores marginados para ayudarlos a superar estas barreras. Por último, Judith Butler, aunque conocida principalmente por su teoría de género, ha influido en la pedagogía crítica al cuestionar las normas sociales y los roles preestablecidos [11]. Butler argumenta que estas normas son performativas, lo que significa que pueden ser subvertidas a través de la práctica educativa. En Ecuador, un enfoque educativo inspirado en Butler podría fomentar el cuestionamiento de las normas que perpetúan la desigualdad de género y otras formas de opresión, promoviendo una educación más inclusiva y transformadora. Integrar estos postulados teóricos en la metodología educativa de Ecuador puede llevar a un sistema más equitativo, donde los estudiantes no solo adquieren conocimientos académicos, sino también herramientas para criticar y transformar su entorno.

B. Concepto de la educación emancipadora y la pedagogía crítica

Como se ha escrito en párrafos anteriores, la educación emancipadora busca liberar a los individuos de las estructuras opresivas y jerárquicas que controlan sus vidas. La educación emancipadora busca entonces transformar el proceso educativo en un diálogo participativo entre educadores y estudiantes, donde ambos se reconocen como sujetos activos en la creación del conocimiento. Los elementos clave de la educación emancipadora incluyen:

- Concientización: La capacidad de los individuos para desarrollar una conciencia crítica sobre las condiciones que los oprimen.
- Diálogo: La educación debe ser un proceso dialógico en el que todos participen de manera igualitaria.
- Transformación social: La educación no es solo para adquirir conocimiento, sino para transformar la sociedad y mejorar la vida de las personas [1].

La pedagogía crítica, cuyo enfoque cuestiona las relaciones de poder dentro del sistema educativo y busca desarrollar una conciencia crítica en los estudiantes. Basada en las ideas de Freire, McLaren y Giroux, entre otros, la pedagogía crítica sostiene que la educación debe ser un espacio para la resistencia y el cuestionamiento de las estructuras sociales que perpetúan la desigualdad. Sus elementos principales son:

·Análisis crítico de las estructuras de poder: La educación debe enseñar a los estudiantes a identificar y cuestionar las dinámicas de poder que influyen en su entorno.

- Justicia social: El objetivo de la pedagogía crítica es promover la equidad y la justicia social a través de la educación.
- Empoderamiento de los marginados: Se enfoca en las voces y experiencias de los grupos históricamente excluidos, tales como las comunidades indígenas, afrodescendientes, mujeres y otros grupos vulnerables [4] [3].

C. Aplicación de la educación emancipadora y la pedagogía crítica al contexto ecuatoriano

Ecuador, un país con una rica diversidad étnica y cultural, enfrenta profundas desigualdades socioeconómicas que han afectado históricamente su sistema educativo. La educación emancipadora y la pedagogía crítica proporcionan herramientas teóricas y prácticas para abordar estos desafíos y promover un cambio transformador en el sistema educativo ecuatoriano. En el contexto de Ecuador, la educación emancipadora puede aplicarse fomentando la creación de espacios educativos dialógicos en comunidades indígenas y afrodescendientes, que han sido marginadas por el sistema educativo tradicional. El enfoque de Freire sobre la "Concientización" es particularmente relevante para empoderar a estos grupos, permitiéndoles reconocer las estructuras de opresión que han limitado su acceso a oportunidades y fomentando su participación activa en la transformación de su realidad.

Por su parte, la pedagogía crítica puede integrarse en el sistema educativo ecuatoriano a través de la reformulación de los currículos escolares, asegurando que estos incluyan una perspectiva crítica sobre las desigualdades estructurales que afectan al país [1]. Siguiendo las ideas de Apple y McLaren, los contenidos educativos deben reflejar la diversidad cultural de Ecuador y cuestionar las narrativas hegemónicas que perpetúan la exclusión social. La inclusión de la historia de los movimientos sociales ecuatorianos y el análisis crítico de las políticas económicas actuales pueden ser ejes fundamentales para promover una educación orientada hacia la justicia social. Además, las teorías de Illich sobre la "desescolarización" pueden inspirar la creación de redes comunitarias de aprendizaje en áreas rurales donde el acceso a la educación formal es limitado [2]. La implementación de estos espacios permitiría a las comunidades compartir conocimientos ancestrales y locales, creando un sistema de aprendizaje más inclusivo y accesible, especialmente en zonas donde la infraestructura educativa es deficiente.

Para cerrar la exposición de las ideas anteriormente desarrolladas, la implementación de una metodología educativa basada en la educación emancipadora en el Ecuador puede contribuir a una transformación profunda del sistema educativo. Al empoderar a los estudiantes y comunidades para que se conviertan en agentes activos en la construcción de una sociedad más equitativa y plural, esta propuesta ofrece un enfoque educativo más justo y sostenible, capaz de responder a los desafíos socioeconómicos y culturales que enfrenta el país.

III. METODOLOGÍA

La metodología propuesta se basa en un enfoque de investigación-acción participativa, diseñado para implementar los principios de la educación emancipadora y la pedagogía crítica en el contexto ecuatoriano. Esta metodología se desarrolla en dos fases principales:

A. Diagnóstico contextual

El primer paso en la implementación de la propuesta metodológica es llevar a cabo un análisis exhaustivo de las realidades socioculturales y económicas de las diversas comunidades educativas en Ecuador. Este análisis permitirá identificar las estructuras de poder y las desigualdades existentes en el sistema educativo ecuatoriano. Además, es crucial evaluar los conocimientos previos y las necesidades formativas tanto de docentes como de estudiantes para ajustar la propuesta de manera efectiva y garantizar que responda a las necesidades específicas de cada contexto.

B. Diseño e implementación de programas de formación

Para llevar a cabo la formación efectiva en educación emancipadora y pedagogía crítica, se desarrollarán talleres de capacitación dirigidos a docentes, enfocados en los fundamentos teóricos de estas metodologías y contextualizados a la realidad ecuatoriana [12]. Estos talleres incluirán la creación de espacios para el diálogo y la reflexión crítica entre docentes y estudiantes, fomentando un ambiente de intercambio de ideas y análisis profundo. Además, se implementarán proyectos educativos que aborden problemas locales y nacionales relevantes, promoviendo la aplicación práctica de los conceptos aprendidos y contribuyendo a la resolución de desafíos específicos en la comunidad.

IV. RESULTADOS

Con las bases teóricas analizadas es posible formular la siguiente propuesta para la ejecución de un plan emancipador (Tabla 1), donde los docentes consigan canalizar las estrategias apropiadas y desarrollar habilidades óptimas para la implementación en el aula.

Tabla 1. Propuesta de plan de trabajo para la educación emancipadora.

Objetivos	Actividades	Horas estimadas	Recursos necesarios	Evaluación
Fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes	- Análisis crítico de noticias y artículos de actualidad que aborden temas sociales y políticos.	5 horas	Artículos periodísticos, videos de noticias, dispositivos digitales.	- Debate grupal, entrega de un ensayo crítico sobre un artículo.
Promover la reflexión sobre la justicia social	- Proyección de documentales que traten temas de desigualdad social, derechos humanos, feminismo, y ambientalismo, seguido de discusiones grupales.	3 horas	Proyector, documentales o videos relacionados con temas sociales.	- Reflexión escrita individual sobre los documentales, evaluada con rúbrica de análisis y argumentación.
Impulsar la acción participativa en el entorno	- Organizar una visita o proyecto comunitario donde los estudiantes identifiquen y trabajen en un problema social (como reciclaje, inclusión, o justicia social).	10 horas	Transporte para visita, materiales para el proyecto comunitario.	- Informe grupal y presentación sobre el proyecto, evaluando participación activa y soluciones propuestas.

Estas actividades promueven una educación inclusiva, no solo entre pares, sino con el ambiente y el contexto local. Sin embargo, resulta indispensable incluir otras actividades que involucran la participación cultural y el intercambio con otros escenarios sociales (Tabla 2).

Tabla 2. Otras actividades que complementan la propuesta.

Objetivos	Actividades	Horas estimadas	Recursos necesarios	Evaluación
Desarrollar habilidades de diálogo y consenso	- Taller de resolución de conflictos donde los estudiantes trabajen en equipos para resolver situaciones hipotéticas de desigualdad o injusticia.	4 horas	Espacio abierto para trabajo en equipo, casos prácticos de conflictos sociales.	- Evaluación del proceso de resolución mediante observación y autoevaluación de cada grupo.
Promover la conciencia histórica y cultural	- Lectura y análisis de textos históricos sobre movimientos de liberación y derechos humanos, seguido de la creación de líneas del tiempo sobre estos eventos.	6 horas	Libros o textos históricos, cartulinas, marcadores para línea del tiempo.	- Línea del tiempo evaluada por contenido y comprensión histórica, además de la participación en la discusión.
Fortalecer la autonomía en la toma de decisiones	- Realización de un proyecto individual donde cada estudiante investigue sobre un tema social de su interés y proponga soluciones emancipadoras.	8 horas	Biblioteca, acceso a internet, materiales para presentación (diapositivas, etc.).	- Evaluación del proyecto final según criterios de investigación, originalidad y viabilidad de soluciones.
Impulsar la equidad de género y derechos humanos	- Dinámicas de rol donde los estudiantes asuman diferentes identidades de género o posiciones de poder para experimentar desigualdades estructurales.	3 horas	Espacio para la actividad, guiones o casos de rol.	- Autoevaluación y discusión grupal sobre la experiencia, con rúbrica de empatía y reflexión crítica.
Desarrollar la capacidad de colaboración y solidaridad	- Actividades colaborativas, como crear campañas de concientización en redes sociales sobre un problema social de la comunidad.	6 horas	Acceso a dispositivos con conexión a internet, redes sociales o plataformas educativas.	- Evaluación del impacto de la campaña (número de interacciones) y presentación grupal sobre el proceso y aprendizaje.

Esta propuesta es flexible y puede adaptarse a diferentes niveles educativos, contextos y recursos disponibles. Las actividades pueden integrarse en varias asignaturas, como estudios sociales, ética, historia, y lengua. Por tanto, es recomendable que la evaluación se realice no solo al final, sino a lo largo del proceso, para monitorear el desarrollo crítico y emancipador de los estudiantes. Para llevar a cabo esta nueva visión en las aulas, resulta necesario incorporar un plan de capacitación docente alineado con la propuesta (tabla 3).

Tabla 3. Propuesta de plan de capacitación docente para implementar la educación emancipadora de manera efectiva.

Objetivos de la Capacitación	Contenido/Temas	Actividades	Duración	Recursos Necesarios	Evaluación
Introducir los fundamentos de la educación emancipadora	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptos clave de la educación emancipadora (Freire, Illich, Giroux). - Rol del docente como facilitador y no solo transmisor de conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura y discusión de textos fundamentales de pedagogía crítica. - Debate grupal sobre el rol del docente en este enfoque. 	4 horas	Artículos y textos, proyector, espacio para debate.	<ul style="list-style-type: none"> - Participación activa en discusiones. - Reflexión escrita sobre el rol del docente en la educación emancipadora.
Fomentar el desarrollo del pensamiento crítico en el aula	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategias para promover el pensamiento crítico en los estudiantes. - Diseño de actividades críticas basadas en problemas sociales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller práctico para diseñar actividades que desarrollen el pensamiento crítico. - Simulaciones y juegos de rol. 	6 horas	Guías de actividades y dispositivos para simulaciones.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación del diseño de actividades y su aplicabilidad en el aula. - Observación de simulaciones.
Desarrollar habilidades de facilitación y diálogo pedagógico	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas para fomentar el diálogo horizontal y la participación activa. - Métodos para gestionar el aula como un espacio de diálogo y colaboración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Práctica de dinámicas de diálogo (círculos de discusión, métodos socráticos). - Simulación de clases basadas en el diálogo y la colaboración activa. 	4 horas	Materiales de lectura, espacio para simulación.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación del desempeño en la simulación de clases dialogadas. - Autoevaluación y retroalimentación entre pares.

La capacitación incluye tanto teoría como actividades prácticas, simulaciones, y retroalimentación constante entre los docentes. Se evalúa a lo largo del proceso para garantizar la comprensión y aplicación de los conceptos, con un enfoque formativo para mejorar la implementación. Este plan puede ajustarse según los contextos locales y las necesidades específicas de cada grupo de docentes, ajustando horas y actividades si es necesario. Sin embargo, se incorporan actividades complementarias en la tabla 4.

Tabla 4. Otras actividades que fortalecen la capacitación docente.

Objetivos de la Capacitación	Contenido/Temas	Actividades	Duración	Recursos Necesarios	Evaluación
Capacitar en el uso de recursos y tecnologías para la educación emancipadora	-Uso de herramientas digitales y recursos educativos para fomentar el aprendizaje crítico.	-Talleres	6 horas	Computadoras, acceso a plataformas educativas digitales.	Retroalimentación sobre la integración de las Tics en el aula emancipadora.
Preparar a los docentes para abordar temas sociales y controversiales	-Gestión de dinámicas grupales y resolución de conflictos.	-Talleres - Simulación de escenarios controversiales	5 horas	Casos prácticos para simular conflictos, material didáctico.	- Evaluación de la resolución de casos prácticos. - Observación y retroalimentación de las simulaciones.
Fortalecer las habilidades de evaluación formativa	-Herramientas para evaluar pensamiento crítico, autonomía y colaboración.	-Talleres -Ejercicios de evaluación	4 horas	Guías para el diseño de rúbricas, ejemplos prácticos.	-Reflexión sobre el uso de la evaluación formativa.
Promover la creación de proyectos comunitarios y colaborativos	- Vinculación de la educación con la realidad social y comunitaria de los estudiantes.	-Taller práctico	5 horas	Recursos comunitarios, ejemplos de proyectos sociales.	- Evaluación de los proyectos diseñados.
Reflexión sobre la implementación y ajustes en la práctica docente	-Reflexión crítica sobre las primeras experiencias aplicando la educación emancipadora.	- Círculo de discusión sobre las primeras experiencias docentes aplicando este enfoque.	3 horas	Espacio para discusión grupal	-Evaluación mediante reflexión escrita sobre la práctica.

Este plan proporciona a los docentes las herramientas necesarias para implementar con éxito la educación emancipadora en sus aulas. Final del formulario Se estima que los resultados que se obtengan a partir de la implementación de la propuesta estén en consonancia con un aprendizaje sólido en el uso de los procesos metodológicos asociados con la educación emancipadora. La formación docente en pedagogía crítica, mediante talleres y sesiones de mentoría, ayuda a los docentes universitarios a adquirir una base teórica sólida en estos temas, que les permitirían implementar dinámicas participativas que fomentan el pensamiento crítico y la transformación social en el aula.

Con los talleres sobre diseño curricular, se lograría la integración de la realidad local y nacional en los planes de estudio. Estos abordarían temas cruciales como la justicia social, los derechos humanos y la sostenibilidad, contextualizados en la realidad ecuatoriana. Este enfoque permite a los estudiantes conectar con temas relevantes de su entorno, promoviendo un aprendizaje más significativo. Además, la implementación de técnicas participativas como debates, círculos de diálogo y proyectos colaborativos transforman el rol de los estudiantes en el proceso educativo. Estos se convertirían en participantes activos de su aprendizaje, lo que estimula una mayor implicación y un desarrollo de habilidades para analizar críticamente su entorno. La creación de comunidades de práctica fortalece la implementación continua de la educación emancipadora. Estas redes de docentes colaborativas permitirían un espacio para compartir experiencias y desafíos, contribuyendo así a la mejora constante de las prácticas educativas y al sostenimiento a largo plazo de este enfoque pedagógico. En cuanto al abordaje de materias específicas, se podrían mostrar algunos ejemplos de cómo pueden adaptarse los planes de estudio en de dichas materias según los recursos y el enfoque que promueve la educación emancipadora.

C. Evaluación y ajuste continuo

Se espera que esta metodología se aplique en un período de 12 meses, con una fase inicial de diagnóstico de 2 meses, seguida de 8 meses de implementación y 2 meses de evaluación final y ajuste. La propuesta metodológica se fundamenta en los principios teóricos de Freire, McLaren, y Giroux, adaptados al contexto ecuatoriano, con especial atención a la diversidad cultural y las desigualdades socioeconómicas del país. Se busca promover una educación que no solo critique las estructuras de poder existentes, sino que también fomente la acción transformadora en las comunidades educativas. En la tabla 6 se muestra un plan de implementación de la propuesta.

Table 5. Plan de implementación de educación emancipadora en Ecuador.

Elemento	Objetivo	Acciones	Resultado esperado
Diagnóstico contextual.	Identificar realidades socioeconómicas.	Estudios etnográficos. Análisis de políticas. 2	Comprensión de desafíos educativos.
Formación docente.	Capacitar en pedagogía crítica	Talleres sobre pedagogía crítica. Seminarios de realidad ecuatoriana.	Docentes preparados para educación emancipadora
Diseño curricular.	Proveer herramientas prácticas para promover participación activa.	Talleres sobre métodos participativos	Docentes que promueven el pensamiento crítico y la participación.
Implementación	Aplicar metodologías participativas	Círculos de cultura Aprendizaje basado en problemas	Estudiantes empoderados y críticos
Evaluación y ajuste.	Valorar impacto y realizar mejoras.	Evaluaciones participativas. Sesiones de reflexión crítica.	Proceso educativo en mejora continua.
Redes de apoyo	Establecer comunidades de práctica	Redes de docentes. Plataformas de intercambio	Red sostenible de educadores transformadores

Se espera que este plan sea coherente con el desarrollo de la propuesta educativa. Además, debe ir en consonancia con la capacitación docente desarrollada. Además, este plan es flexible y permite adaptarse según el contexto de cada universidad, la cantidad de docentes involucrados y los recursos disponibles. Con esta estructura, se asegura una formación integral que proporciona tanto una base teórica sólida como la capacidad de aplicar la educación emancipadora de manera efectiva.

CONCLUSIONES

La viabilidad de la educación emancipadora en Ecuador es posible a pesar de las limitaciones económicas y de acceso a recursos digitales, debido a su capacidad de adaptarse a las realidades locales. La propuesta metodológica muestra que, al centrarse en el aprovechamiento de recursos disponibles y en la creación de espacios de diálogo, es posible llevar a cabo una implementación exitosa. Este enfoque no solo facilita la incorporación de la metodología en el contexto educativo, sino que también promete un impacto transformador en las comunidades, al permitir que los estudiantes y docentes se conecten profundamente con su entorno social y cultural.

El empoderamiento de los docentes y estudiantes es otro de los pilares fundamentales de esta metodología. No se trata solo de transformar los métodos de enseñanza, sino también de dotar tanto a docentes como a estudiantes de las herramientas necesarias para convertirse en agentes de cambio social. Al promover el análisis crítico de la realidad y la acción transformadora, ambos actores se fortalecen para enfrentar y desafiar las desigualdades estructurales que marcan su entorno, permitiéndoles tomar un rol activo en la construcción de una sociedad más justa.

El impacto positivo en la justicia social que propone esta metodología es notable. La educación emancipadora, con su énfasis en la pedagogía crítica, tiene el potencial de contribuir de manera significativa a la lucha por la equidad en Ecuador. Al integrar en el currículo contenidos que cuestionen las narrativas dominantes y alentar el análisis profundo de las estructuras de poder, se espera que los estudiantes desarrollen una conciencia crítica. Este proceso los motivará a actuar en favor de la transformación social, promoviendo la construcción de una sociedad más equitativa e inclusiva.

Por último, se puede indicar que la relevancia del acompañamiento docente es crucial para asegurar el éxito de la implementación de esta metodología. El sistema de mentoría y retroalimentación continua garantiza que los docentes no solo comprendan los principios de la educación emancipadora, sino que también se sientan apoyados durante todo el proceso. Este acompañamiento es clave para asegurar una adopción sólida y duradera de la metodología en las universidades, fomentando un ambiente en el que los docentes puedan aplicar los enfoques de manera efectiva y sostenida en el tiempo.

REFERENCIAS

- [1] F. Paolo, *Pedagogía del Oprimido*, México: Siglo XXI Editores, 2005.
- [2] I. Illich, *Deschooling Society*, New York: Harper & Row, 1971., 1971.
- [3] P. MacLaren, *Life in Schools: An Introduction to Critical Pedagogy in the Foundations of Education*, New York: Logman, 1989.
- [4] B. Hooks, *Transgress: Education as the Practice of Freedom*, New York: Routledge, 1994.
- [5] C. P. G. Clemente, Z. I. E. Fajardo, C. E. V. Navarro y W. J. M. Moreno, «Desafíos de la inclusión en la educación universitaria desde la praxis educativa transformadora,» *EPISTEME KOINONIA*, vol. 1, nº 5, pp. 171-183, 2022.
- [6] H. Giroux, *Theory and Resistance in Education: Towards a Pedagogy for the Opposition* (Critical Studies in Education and Culture Series), South Hadley: Bergin & Garvey, 1983.
- [7] B.-G. Vicente José, «Las Políticas Públicas de Educación en Ecuador, como una de las manifestaciones e instrumentos del Plan Nacional para el Buen Vivir,» Universidad de Alicante, Alicante, 2017.
- [8] A. Gramsci, *Selections from the Prison Notebooks*, New York: Q. Hoare and G. N. Smith, Eds. and Trans. New York: International Publishers, 1971.
- [9] M. Apple, *Ideology and Curriculum*, New York: RoutledgeFalmer, 2004.

- [10] P. Bourdieu y J.-C. Passeron, *Reproduction in Education, Society and Culture*, London: Sage Publications, 1990.
- [11] J. Butler, *Bodies That Matter: On the Discursive Limits of 'Sex'*, New York: Routledge, 1993.
- [12] H. Giroux, *Teachers as Intellectuals: Toward a Critical Pedagogy of Learning*, Wesport: Bergin & Garvey, 1988.

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v5i15.181>

La economía violeta y el desarrollo económico de grupos vulnerables en el Ecuador

Fernando Acosta

<https://orcid.org/0000-0001-9698-9578>

dacosta@tecnologicoedupraxis.edu.ec

Tecnológico Edupraxis

Ambato, Ecuador

Erika Caiza

<https://orcid.org/0000-0003-2496-9812>

eccaiza1@utpl.edu.ec

Universidad Técnica Particular de Loja

Ambato, Ecuador

Roberto Veloz

<https://orcid.org/0000-0002-7253-6395>

jorgevelozvasco123@gmail.com

Instituto Superior Tecnológico Bolívar

Ambato, Ecuador

*Autor de correspondencia: dacosta@tecnologicoedupraxis.edu.ec

Recibido (12/07/2024), Aceptado (23/08/2024)

Resumen: En este estudio se analiza el impacto de la economía violeta en el desarrollo económico-social de los grupos vulnerables en Ecuador. A través de un enfoque mixto, se emplea un modelo econométrico que evalúa la relación entre variables como el Índice de Brecha de Género (IBG) y la Población Económicamente Inactiva (PEI) de mujeres con el Índice de Desarrollo Humano (IDH). Los resultados muestran una influencia significativa de la economía violeta en el desarrollo humano, subrayando la relevancia de políticas inclusivas. Aunque se evidencian avances, la falta de impacto significativo del desempleo femenino sugiere la necesidad de más investigaciones. Se concluye que las políticas orientadas a cerrar la brecha de género en el acceso a recursos y oportunidades económicas pueden contribuir al desarrollo sostenible y a una mayor equidad en Ecuador.

Palabras clave: economía, economía violeta, desarrollo económico social, grupos vulnerables.

The purple economy and the socioeconomic development of vulnerable groups in Ecuador

Abstract.- This study examines the impact of the violet economy on the socio-economic development of vulnerable groups in Ecuador. Using a mixed-methods approach, the research employs an econometric model to assess the relationship between key variables such as the Gender Gap Index (GGI), the Economically Inactive Female Population (EIFP), and the Human Development Index (HDI). The findings reveal a significant influence of the violet economy on human development, underscoring the importance of inclusive policies. While progress has been made, the minimal impact of female unemployment highlights the need for further investigation. The study concludes that policies to reduce the gender gap in access to resources and economic opportunities can promote sustainable development and greater equity in Ecuador.

Keywords: economy, violet economy, economic and social development, vulnerable groups.

I. INTRODUCCIÓN

El término “economía violeta”, fue popularizado en Argentina por Georgina Binstock [1]. Se trata de una teoría feminista para transformar la economía, que propone integrar la perspectiva de género para promover un desarrollo más inclusivo y equitativo que reconozca las contribuciones de las mujeres. Binstock argumenta que las teorías económicas convencionales han ignorado las realidades de las mujeres, perpetuando desigualdades en el ámbito económico. Por lo tanto, la economía violeta busca transformar estas estructuras, incorporando la perspectiva de género y cuestionando las normas sociales subyacentes, proponiendo estrategias para cerrar la brecha salarial, fortalecer políticas de conciliación laboral y familiar, y garantizar igualdad en la educación y salud [2].

La importancia de este tema radica en el reconocimiento de que la exclusión económica de las mujeres y otros grupos vulnerables constituye una barrera significativa para el desarrollo sostenible y equitativo. Según el Informe sobre Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [3], las mujeres en Ecuador enfrentan obstáculos sistémicos en el acceso a oportunidades económicas, lo que limita su capacidad para contribuir plenamente al crecimiento económico y el desarrollo social del país.

En diversos contextos internacionales, la economía violeta ha demostrado ser un catalizador para el desarrollo económico y social de los grupos vulnerables. Por ejemplo, en países como Suecia y Canadá, el enfoque en la igualdad de género y la inclusión económica de mujeres ha contribuido significativamente al aumento del Índice de Desarrollo Humano (IDH) y la reducción de la brecha de género en el acceso a oportunidades laborales y recursos financieros. En América Latina, Brasil y México han implementado políticas similares, con resultados positivos en la integración de mujeres en la fuerza laboral y el fortalecimiento del tejido social [7]. En este sentido, se plantea la hipótesis de que el fomento de la economía violeta en Ecuador puede generar una mayor inclusión económica y social para mujeres y otros grupos marginados, lo que contribuirá a un desarrollo más equitativo y sostenible. Este estudio tiene como objetivo analizar esta dinámica a través de un modelo econométrico que evalúa la relación entre variables clave de la economía violeta y el desarrollo de los grupos vulnerables en Ecuador.

La ecuación (1) presenta el modelo propuesto para este estudio, en el cual el Índice de Desarrollo Humano (IDH) se utiliza como una variable clave. El IDH es una medida compuesta que refleja el nivel general de desarrollo económico y social de un país o región, al combinar indicadores económicos, sociales y de salud en una sola métrica. Al considerar esta variable, se busca analizar cómo el desarrollo humano general influye, o es influido, por otras variables relevantes, como la economía violeta y el bienestar de los grupos vulnerables.

$$IDH = \beta_0 + \beta_1 * EconomíaVioleta + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \dots + \beta_n * X_n + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:

- IDH = Representa el índice de desarrollo humano ajustado por la desigualdad que es la variable dependiente.
- Economía Violeta (X_1) Es una variable que representa la economía violeta. Puede ser un indicador compuesto que mida la participación de las mujeres en la fuerza laboral, la igualdad de género en el acceso a la educación y la salud, la representación política de las mujeres, etc.

- X_1, X_2, \dots, X_n = Son variables independientes relevantes que podrían influir en el desarrollo económico y social de los grupos vulnerables en Ecuador. Por ejemplo, podrían incluir variables como el gasto público en programas sociales, el nivel de educación de la población, la tasa de desempleo, etc.
- $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ = Son los coeficientes de regresión que representa la relación entre las variables independientes y el IDH, que deben ser estimados.
- ε = es el término de error, que captura la variación en el IDH que no es explicado por las variables incluidas en el modelo.

Para representar a la economía violeta se han tomado como variables dentro del modelo econométrico las siguientes:

1. Índice de Brecha de Género (IBG): se utiliza como una medida clave para representar la economía violeta en el modelo. Se encarga de medir las disparidades entre hombres y mujeres en áreas como la participación en la fuerza laboral, el acceso a la educación y la representación en posiciones de liderazgo [4].
2. Población Económicamente Inactiva (PEI) basada en mujeres: Esta variable se utiliza en el modelo para representar la participación laboral y económica de las mujeres en la sociedad [5].
3. Indicador de Desempleo basado en mujeres (DM): Esta variable se incorpora al modelo para analizar específicamente el desafío del desempleo que enfrentan las mujeres en la economía [6].

Estas variables se seleccionaron porque están estrechamente relacionadas con los principios y objetivos de la economía violeta, y se consideran indicadores importantes para comprender cómo las desigualdades de género y la participación económica de las mujeres influyen en el desarrollo económico y social de la sociedad.

Finalmente, la estructura del artículo está organizada de la siguiente manera: Introducción, que contextualiza y presenta la relevancia del estudio; Desarrollo, que ofrece una revisión exhaustiva del estado del arte sobre la economía violeta y su relevancia en Ecuador; Metodología, que detalla el enfoque metodológico y el modelo econométrico utilizado; Resultados con su Discusión, que analiza los hallazgos del estudio y su implicación para las políticas públicas; y, finalmente, Conclusiones, que resumen los aportes del estudio y sugieren recomendaciones para futuras investigaciones. Las referencias incluyen todas las fuentes consultadas y citadas en el artículo.

II. DESARROLLO

A continuación, se abordará una revisión exhaustiva de la teoría de la economía violeta, su aplicación en el contexto ecuatoriano y los elementos teóricos que justifican el uso de un modelo econométrico para analizar su impacto.

A. Fundamentos teóricos de la Economía Violeta

La economía violeta se erige como un enfoque innovador dentro del campo de la teoría económica, con el objetivo de abordar las desigualdades de género y fomentar la inclusión económica y social de las mujeres. Esta teoría, popularizada por Georgina Binstock, busca transformar las estructuras económicas tradicionales para que reconozcan y valoren las contribuciones económicas de las mujeres [1].

Teoría Feminista y Economía

Según Binstock, las teorías económicas tradicionales han ignorado las realidades de las mujeres, subestimando su impacto y perpetuando barreras que limitan su participación económica. La propuesta de la economía violeta es integrar una perspectiva de género en el análisis económico, promoviendo políticas que cierren la brecha salarial, mejoren la conciliación laboral y familiar, y aseguren igualdad en la educación y la salud [2].

Relevancia de la Economía Violeta en el Contexto Ecuatoriano

En el contexto ecuatoriano, caracterizado por desafíos persistentes en términos de desigualdad de género y vulnerabilidad socioeconómica, la economía violeta se presenta como una solución prometedora. De acuerdo con el Informe sobre Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [3], las mujeres en Ecuador enfrentan obstáculos sistémicos en el acceso a oportunidades económicas, lo que limita su capacidad para contribuir plenamente al crecimiento económico del país.

Al integrar perspectivas de género en la formulación de políticas y en la promoción de oportunidades económicas, la economía violeta no solo aborda las disparidades existentes, sino que también sienta las bases para un crecimiento económico más equilibrado y sostenible. Esta visión holística es crucial para lograr un desarrollo que beneficie a todos los sectores de la sociedad y que contribuya a superar los desafíos socioeconómicos que enfrenta el país. Por lo tanto, en un entorno donde las desigualdades de género y la exclusión económica siguen siendo barreras importantes, la economía violeta se presenta no solo como una estrategia necesaria, sino como una oportunidad vital para reconfigurar el panorama económico y social de Ecuador, promoviendo un desarrollo más equitativo y sostenible.

B. Modelización Econométrica

La modelación econométrica es esencial para este estudio debido a su capacidad para analizar y cuantificar las relaciones entre variables económicas y sociales con un alto grado de precisión. Esta metodología permite evaluar de manera rigurosa cómo las variables relacionadas con la economía violeta, como el Índice de Brecha de Género (IBG) y la participación económica femenina, influyen en el desarrollo económico y social, medido a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH). La ventaja principal de la econometría radica en su capacidad para proporcionar una evaluación cuantitativa detallada, facilitando la identificación de relaciones causales y el impacto específico de estas variables en el desarrollo. La ecuación (1) muestra la modelización utilizada para el estudio:

$$IDH = \beta_0 + \beta_1 * EconomíaVioleta + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \dots + B_n * X_n + \varepsilon \quad (1)$$

Además, la modelación econométrica ofrece la ventaja de controlar variables confusoras que podrían influir en los resultados. Al incluir un conjunto de variables independientes relevantes, como el gasto público en programas sociales y el nivel de educación, el modelo puede aislar el efecto específico de la economía violeta sobre el IDH. Esto asegura que los resultados obtenidos sean atribuibles a las variables de interés y no a factores externos no controlados, aumentando la precisión y la validez de los hallazgos.

Finalmente, los resultados obtenidos mediante econometría tienen un impacto directo en la formulación de políticas públicas. Al identificar las relaciones significativas entre la economía violeta y el desarrollo humano, los hallazgos del estudio pueden guiar la creación de estrategias más efectivas para reducir las brechas de género y promover un desarrollo más inclusivo. En el contexto ecuatoriano, donde la evidencia empírica es crucial para abordar desafíos persistentes de desigualdad de género, la modelación econométrica proporciona una base sólida para diseñar e implementar políticas basadas en evidencia que fomenten una mayor igualdad y desarrollo equitativo.

C. Contextualización y relevancia del estudio

El análisis de la economía violeta en el contexto ecuatoriano es especialmente relevante debido a las persistentes desigualdades de género y a la vulnerabilidad socioeconómica que enfrentan diversos grupos en el país. Ecuador, como muchas otras naciones en desarrollo, presenta desafíos significativos en cuanto a la equidad de género, con brechas marcadas en áreas como el acceso a oportunidades laborales, educación y salud. La economía violeta ofrece una perspectiva innovadora para abordar estas desigualdades al integrar explícitamente una dimensión de género en el análisis económico y en la formulación de políticas. Este enfoque no solo busca reducir las disparidades existentes, sino también potenciar la inclusión económica y social de las mujeres, lo cual es crucial para el desarrollo equitativo del país.

Además, la economía violeta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, particularmente con el ODS 5 de Igualdad de Género y el ODS 8 de Trabajo Decente y Crecimiento Económico. Implementar políticas que promuevan la economía violeta no solo contribuye a mejorar la situación de las mujeres y otros grupos vulnerables, sino que también puede tener un impacto positivo en el crecimiento económico general al aprovechar plenamente el potencial de toda la fuerza laboral. El enfoque propuesto en este estudio podría servir como un modelo para otras naciones con desafíos similares, mostrando cómo la integración de una perspectiva de género puede generar beneficios sustanciales para el desarrollo sostenible [8].

III. METODOLOGÍA

Se adoptó un enfoque mixto que combina elementos cuantitativos y cualitativos, permitiendo una comprensión integral de la complejidad del tema en estudio. Este enfoque mixto es esencial para analizar las variables de manera precisa y construir un modelo econométrico robusto, al mismo tiempo que se interpretan y respaldan las teorías subyacentes con enfoques cualitativos. La naturaleza exploratoria, bibliográfica, documental y descriptiva del estudio permite abarcar diversos aspectos relevantes del tema bajo investigación.

A. Técnicas cuantitativas

Modelo Econométrico: La técnica principal utilizada en este estudio consistió en la implementación de un modelo econométrico. Este modelo se desarrolló con el propósito de analizar las relaciones entre los indicadores económicos y sociales seleccionados. El software estadístico y econométrico Gretl se utilizó como herramienta tecnológica para manejar los datos y realizar las estimaciones del modelo.

Indicadores Económicos y Sociales utilizados en el modelo:

- Índice de Desarrollo Humano (IDH).
- Índice de Brecha de Género (IBG).
- Población Económicamente Inactiva (PEI) medida en mujeres.
- Desempleo Femenino (DM).

Serie Temporal: La estimación del modelo se llevó a cabo utilizando datos de una serie temporal que abarca los últimos diez años, comprendidos entre 2014 y 2023. Estos datos fueron recopilados de fuentes confiables, permitiendo una evaluación precisa de las tendencias y patrones a lo largo del tiempo.

B. Procedimientos de análisis

Los datos se obtuvieron de bases de datos oficiales y fuentes secundarias confiables, abarcando el período de estudio 2014-2023. Se verificaron rigurosamente para asegurar su precisión y consistencia. Los indicadores utilizados incluyen el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Brecha de Género (IBG), la Población Económicamente Inactiva (PEI) medida en mujeres y el Desempleo Femenino (DM). Estos datos fueron extraídos de fuentes históricas proporcionadas por organismos como el Banco Mundial, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y el Ministerio de Trabajo. Todas las bases de datos utilizadas son de acceso libre, lo que permite reflejar la realidad de los distintos periodos analizados y son esenciales para el modelo econométrico planteado (Tabla 1). Además de las variables a utilizar en el modelo seleccionado, se realizaron pruebas usando otros indicadores como parte de la estimación del modelo, como es el caso de la Tasa de Alfabetización medido en Mujeres (TAM), Fuerza Laboral de Mujeres (FLM), Mujeres en Cargos Directivos (MCD), la Población Económicamente Activa (PEA), y el Empleo Pleno medido en Mujeres (EPM).

Tabla 1. Datos históricos de indicadores utilizados en la modelación econométrica.

Obs.	IDH	TAM	FLM	IBG	MCD	PEI	DM	PEA	EPM
2014	0,760	0,933	0,479	0,746	0,147	0,724	0,515	0,402	0,319
2015	0,765	0,933	0,521	0,738	0,178	0,721	0,517	0,407	0,323
2016	0,762	0,933	0,556	0,726	0,209	0,711	0,496	0,418	0,323
2017	0,762	0,921	0,564	0,724	0,240	0,709	0,552	0,423	0,324
2018	0,762	0,921	0,546	0,729	0,260	0,692	0,503	0,416	0,332
2019	0,760	0,918	0,545	0,718	0,350	0,685	0,505	0,418	0,329
2020	0,731	0,925	0,483	0,729	0,270	0,685	0,571	0,414	0,320
2021	0,740	0,917	0,531	0,739	0,390	0,687	0,511	0,426	0,342
2022	0,738	0,915	0,536	0,743	0,395	0,690	0,447	0,413	0,330
2023	0,735	0,912	0,536	0,737	0,336	0,683	0,521	0,421	0,337

Utilizando Gretl, se procesaron los datos para preparar las series temporales y realizar las estimaciones econométricas. Este software facilitó la manipulación de grandes volúmenes de datos y la ejecución de análisis complejos. Además, se desarrollaron y estimaron varios modelos econométricos con el objetivo de identificar las relaciones entre los indicadores seleccionados. Además del modelo propuesto en la ecuación (1), se exploraron otros resultados introduciendo algunos indicadores al modelo para conocer su relación. Estas estimaciones se presentan en los resultados como parte del proceso de modelación. La selección de las variables adicionales se basó en su relevancia teórica y empírica en estudios previos sobre desarrollo humano, igualdad de género y economía feminista. Se priorizaron aquellas variables que reflejan inequidades estructurales y acceso diferencial de las mujeres a recursos clave como educación, salud, y poder político.

Por tanto, las fases desarrolladas en este trabajo fueron:

- Fase 1: Se formuló un modelo econométrico de regresión lineal múltiple que incluye variables como el Índice de Brecha de Género (IBG), la Población Económicamente Inactiva medido en Mujeres (PEI) y el Desempleo Femenino (DM). La elección de estas variables se basó en su relevancia teórica y empírica en el contexto del desarrollo humano y la equidad de género.
- Fase 2: Se evaluó la significancia estadística de los coeficientes de las variables independientes a través de pruebas t y valores p. Esto permite determinar si las relaciones observadas son suficientemente robustas como para ser consideradas significativas desde un punto de vista estadístico.
- Fase 3: Se calculó el R-cuadrado y el R-cuadrado corregido para evaluar la proporción de la variabilidad de la variable dependiente que es explicada por el modelo. Estos estadísticos son fundamentales para determinar la efectividad del modelo en la captura de las relaciones entre las variables.

- Fase 4: Se aplicó la prueba F para evaluar la significancia global del modelo, lo que permite determinar si al menos una de las variables independientes tiene un efecto significativo sobre la variable dependiente.
- Fase 5: Se utilizó el estadístico Durbin-Watson para detectar la presencia de autocorrelación en los residuos del modelo. Un valor cercano a 2 sugiere que no hay autocorrelación, lo que es deseable para la validez del modelo.
- Fase 6: Se calcularon los criterios de Akaike y Schwarz para evaluar la calidad del ajuste del modelo. Estos criterios son útiles para comparar modelos diferentes y seleccionar aquel que ofrece el mejor balance entre ajuste y simplicidad.

Estos procedimientos metodológicos aseguran un análisis riguroso de los datos, permitiendo interpretar adecuadamente las relaciones entre las variables en estudio y su impacto en el desarrollo económico de grupos vulnerables.

IV. RESULTADOS

En este estudio se presentan los modelos econométricos descartados durante el proceso de estimación, hasta llegar al modelo final propuesto. Durante este proceso, se probaron diferentes variables para evaluar su capacidad de reflejar el desarrollo económico de los grupos vulnerables, medido a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH).

A. Modelos econométricos fallidos

La ecuación (2) considera el Índice de Desarrollo Humano (IDH) como la variable dependiente, mientras que las variables relacionadas con la economía violeta incluyen el Índice de Brecha de Género (IBG), la Población Económicamente Inactiva medida en Mujeres (PEI), el Desempleo Femenino (DM) y el Empleo Pleno medido en Mujeres (EPM). Este primer modelo econométrico tenía como objetivo analizar la influencia de estas variables sobre el desarrollo humano en grupos vulnerables, específicamente las mujeres. Sin embargo, los resultados obtenidos, con un valor p de 0,8363, indicaron que el modelo carecía de significancia estadística. Esto sugiere que las variables seleccionadas no lograron explicar adecuadamente las variaciones en el IDH, lo que llevó a descartar este enfoque inicial y explorar alternativas que pudieran capturar de manera más precisa la relación entre la economía violeta y el desarrollo humano.

$$IDH = \beta_0 + \beta_1 IBG + \beta_2 PEI + \beta_3 DM + \beta_4 EPM + \varepsilon \quad (2)$$

En la ecuación (3), se decidió probar con otras variables que presentaban un mayor potencial explicativo. Además del Índice de Brecha de Género (IBG), la Población Económicamente Inactiva medida en Mujeres (PEI) y el Desempleo Femenino (DM), se incluyeron la Tasa de Alfabetización de Mujeres (TAM), la Fuerza Laboral de Mujeres (FLM) y el porcentaje de Mujeres en Cargos Directivos (MCD). Estas variables se consideraron más alineadas con el concepto de la economía violeta, al reflejar aspectos clave de la participación y empoderamiento de las mujeres en la economía. Aunque el modelo mostró una mejora en relación con el enfoque anterior, el valor p resultante de 0,2520 seguía siendo insuficiente para considerar el modelo como estadísticamente significativo. Este resultado indica que, aunque las nuevas variables introducidas reflejan una mejor interpretación de la economía violeta, aún no explican suficientemente la relación con el desarrollo humano, lo que sugiere la necesidad de seguir ajustando el modelo para alcanzar una mayor robustez y significancia.

$$IDH = \beta_0 + \beta_1 IBG + \beta_2 PEI + \beta_3 DM + \beta_4 TAM + \beta_5 FLM + \beta_6 MCD + \varepsilon \quad (3)$$

Para los siguientes modelos, se exploraron diferentes combinaciones de variables, todas ellas justificadas y previamente identificadas en la tabla 1. Estas no fueron seleccionadas de manera arbitraria, sino como resultado de una búsqueda exhaustiva de información confiable que permitiera interpretar adecuadamente la economía violeta y su relación con el desarrollo de los grupos vulnerables. En esta ecuación (4), se incluyeron variables como la Tasa de Alfabetización en Mujeres (TAM), la Fuerza Laboral de Mujeres (FLM), el Empleo Pleno medido en Mujeres (EPM) y la Población Económicamente Activa (PEA). Estas variables fueron seleccionadas bajo el supuesto de que reflejan aspectos clave de la economía violeta: la escolaridad, la participación en el mercado laboral, el empleo pleno, y la actividad económica de las mujeres, todas relacionadas con el desarrollo de los grupos vulnerables.

Sin embargo, el valor p obtenido en este modelo fue de 0,9008, lo que indica que no era estadísticamente significativo. Ante este resultado, se probó una variante en la ecuación (5), eliminando la PEA, bajo la suposición de que este indicador no era lo suficientemente representativo en el contexto del modelo. A pesar de una leve mejora en el valor p, que se redujo a 0,5153, el modelo seguía sin ser robusto, lo que impidió su validación. Este resultado, aunque indicativo de un posible ajuste, sugiere la necesidad de seguir refinando la selección de variables para obtener una relación más sólida entre la economía violeta y el desarrollo humano de los grupos vulnerables.

$$IDH = \beta_0 + \beta_1TAM + \beta_2FLM + \beta_3EPM + \beta_4PEA + \varepsilon \quad (4)$$

$$IDH = \beta_0 + \beta_1TAM + \beta_2FLM + \beta_3EPM + \varepsilon \quad (5)$$

B. Modelo econométrico propuesto

Después de evaluar varios modelos sin obtener resultados satisfactorios, se retomó el modelo (3), que mostró la mejor significancia estadística. Se procedió entonces a realizar un descarte de variables, basado en un análisis exhaustivo de su relevancia. Las variables fueron eliminadas justificadamente, ya que algunas no parecían representar de manera adecuada los aspectos clave de la economía violeta. Así, la ecuación (7) se consolidó como la más robusta, donde el desarrollo de los grupos vulnerables, medido por el Índice de Desarrollo Humano (IDH), se relaciona con la economía violeta. Esta última está representada por el Índice de Brecha de Género (IBG), la Población Económicamente Inactiva en Mujeres (PEI) y el Desempleo Femenino (DM). Estas variables fueron seleccionadas por su capacidad para capturar con mayor precisión las dinámicas que afectan a las mujeres en el contexto económico y social.

$$\text{Desarrollo de Grupos Vulnerables} = \beta_0 + \beta_1\text{EconomíaVioleta} + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \dots + \beta_nX_n + \varepsilon \quad (6)$$

$$IDH = \beta_0 + \beta_1IBG + \beta_2PEI + \beta_3DM + \varepsilon \quad (7)$$

La ecuación (7) se centra específicamente en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y sus relaciones con variables que representan la economía violeta:

1. Índice de Brecha de Género (IBG): Esta variable se selecciona porque mide las desigualdades entre hombres y mujeres en diferentes ámbitos, como la educación, la salud y la participación económica. Un menor IBG indica una mejor equidad de género, lo que puede contribuir positivamente al desarrollo humano al empoderar a las mujeres y reducir las brechas existentes.
2. Población Económicamente Inactiva (PEI): Al incluir esta variable, se busca evaluar cómo la inactividad laboral de las mujeres impacta en su desarrollo y en el de sus comunidades. Un alto nivel de PEI sugiere que muchas mujeres no están aprovechando las oportunidades económicas disponibles, lo que puede limitar su desarrollo y el de sus familias.
3. Desempleo Femenino (DM): Esta variable es crucial para entender la situación laboral de las mujeres. Un alto desempleo femenino refleja no solo la falta de oportunidades, sino también el impacto negativo que esto puede tener en el bienestar de las familias y comunidades. Disminuir el desempleo femenino es esencial para promover un desarrollo equitativo.

Estas variables fueron seleccionadas por su capacidad para proporcionar una visión integral de la situación de las mujeres en la economía y su relación directa con el desarrollo de los grupos vulnerables. Al analizar el IDH en relación con estas variables, se espera obtener un panorama más claro de cómo la economía violeta puede influir positivamente en la calidad de vida de los grupos vulnerables, promoviendo un desarrollo más inclusivo y sostenible.

En la tabla 2 se presentan los datos históricos usados en el modelo, los cuales ofrecieron una visión clara de cómo las variables seleccionadas interactuaron entre sí y afectaron el Índice de Desarrollo Humano (IDH), así como su impacto en la calidad de vida de los grupos vulnerables.

Tabla 2. Datos históricos por año de las variables usadas en el modelo (T=10).

Obs.	IDH	IBG	PEI	DM
2014	0,760	0,746	0,724	0,515
2015	0,765	0,738	0,721	0,517
2016	0,762	0,726	0,711	0,496
2017	0,762	0,724	0,709	0,552
2018	0,762	0,729	0,692	0,503
2019	0,760	0,718	0,685	0,505
2020	0,731	0,729	0,685	0,571
2021	0,740	0,739	0,687	0,511
2022	0,738	0,743	0,690	0,447
2023	0,735	0,737	0,683	0,521

Los resultados del modelo econométrico revelan varias conclusiones importantes (Tabla 3). En primer lugar, se observa que el modelo en su conjunto es estadísticamente significativo, según el estadístico F y su valor p asociado. Esto indica que al menos una de las variables independientes tiene un efecto significativo en el logaritmo del Índice de Desarrollo Humano (IDH). Además, el alto coeficiente de determinación R^2 (0,831173) indica que aproximadamente el 83,12% de la variabilidad en el logaritmo del IDH es explicada por las variables independientes incluidas en el modelo. Este hallazgo sugiere que las variables I_{IBG} , I_{PEI} y I_{DM} son importantes para comprender las variaciones en el desarrollo humano en el contexto analizado.

Tabla 3. Modelo 1 (MCO), usando las observaciones 2014-2023 (T = 10). Variable dependiente: I_{IDH} .

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	-0,393743	0,102682	-3,835	0,0086	***
I_{IBG}	-0,965973	0,280712	-3,441	0,0138	**
I_{PEI}	0,702330	0,140760	4,990	0,0025	***
I_{DM}	-0,0893215	0,0507498	-1,760	0,1289	
Media de la vble. dep.	-0,285849		D.T. de la vble. dep.	0,018205	
Suma de cuad. residuos	0,000504		D.T. de la regresión	0,009162	
R-cuadrado	0,831173		R-cuadrado corregido	0,746759	
F(3, 6)	9,846419		Valor p (de F)	0,009836	
Log-verosimilitud	35,29219		Criterio de Akaike	-62,58439	
Criterio de Schwarz	-61,37405		Crit. de Hannan-Quinn	-63,91213	
rho	-0,157134		Durbin-Watson	2,294508	

Sin embargo, es importante destacar que el coeficiente asociado con la variable I_DM (desempleo medido en mujeres) no es estadísticamente significativo, como se refleja en su valor p más alto (0,1289). Esto sugiere que, dentro del modelo, el desempleo medido en mujeres puede no tener un impacto significativo en el logaritmo del IDH. Es posible que otros factores no incluidos en el modelo puedan estar influyendo en el desarrollo humano en relación con el desempleo femenino. Por otro lado, la inclusión de la constante en el modelo también es significativa, con un coeficiente estimado de $-0,393743$. Esto sugiere que, incluso cuando todas las variables explicativas son cero, aún hay un efecto negativo en el logaritmo del IDH, lo que podría reflejar otros factores no capturados por las variables independientes incluidas en el modelo.

Al evaluar la calidad del modelo a través de los criterios de Schwarz (BIC) y Hannan-Quinn (HQIC), obtenemos valores de $-61,37405$ y $-63,91213$, respectivamente. Estos resultados indican que el modelo tiene un buen ajuste, ya que ambos criterios penalizan la complejidad del modelo, favoreciendo aquellos que explican bien los datos, pero sin incluir variables innecesarias. En este caso, los valores negativos y relativamente bajos sugieren que el modelo está equilibrado en términos de ajuste y complejidad, lo que refuerza la confianza en el modelo, aunque todavía existen áreas que podrían mejorarse. Es decir, aunque el modelo proporciona una buena explicación de las variaciones en el logaritmo del IDH, como lo sugieren los valores bajos de los criterios BIC y HQIC, hay ciertas áreas que requieren una mayor investigación y consideración. La falta de significancia del desempleo femenino, combinada con un efecto residual capturado por la constante, sugiere que otras variables que no han sido incluidas podrían estar influyendo en el desarrollo humano. Por tanto, es importante tener en cuenta las limitaciones del modelo y explorar posibles variables adicionales que puedan mejorar la comprensión del IDH en el contexto analizado.

La figura 1 muestra una dispersión uniforme de los residuos alrededor de cero a lo largo del rango de valores ajustados, lo cual indica que el modelo econométrico está capturando de manera precisa la relación entre las variables incluidas, como el Índice de Brecha de Género, la Población Económicamente Inactiva, el Desempleo Medido en Mujeres y posiblemente el Coeficiente de Gini, y el Índice de Desarrollo Humano. En el contexto del tema del artículo sobre la influencia de la economía violeta en el desarrollo económico y social de los grupos vulnerables en Ecuador, este resultado sugiere que el modelo no está sesgado y que las variables explicativas están contribuyendo significativamente a explicar las variaciones en el IDH, lo que respalda la robustez del modelo y la validez de la relación analizada.



Fig. 1. Residuos de la regresión. Bases de datos y sistema Gretl.

Por lo tanto, el análisis de los resultados del modelo econométrico revela información crucial sobre la influencia de la economía violeta en el desarrollo económico y social de los grupos vulnerables en Ecuador. El modelo, diseñado para examinar cómo las variables relacionadas con la economía violeta impactan el Índice de Desarrollo Humano (IDH), ha mostrado que factores como el Índice de Brecha de Género (IBG) y la Población Económicamente Inactiva (PEI) basada en mujeres tienen efectos significativos sobre el IDH. Estos hallazgos confirman que las desigualdades de género y la participación económica femenina son determinantes clave en el desarrollo humano. La significancia estadística de estas variables indica que las políticas orientadas a reducir la brecha de género y aumentar la inclusión económica pueden tener un impacto tangible en la mejora del IDH, subrayando la importancia de una economía violeta en la promoción de la equidad social y el desarrollo inclusivo.

El alto coeficiente de determinación R^2 de 0,831173 indica que el modelo es capaz de explicar una proporción significativa de la variabilidad en el IDH, lo que sugiere una sólida capacidad explicativa del modelo. La robustez del modelo se refleja en su capacidad para capturar de manera efectiva las relaciones entre las variables de la economía violeta y el desarrollo humano. Esto proporciona una base sólida para la formulación de políticas que promuevan un crecimiento económico más inclusivo y equitativo, dirigido especialmente a los grupos vulnerables. El hecho de que el modelo haya mostrado una dispersión uniforme de los residuos alrededor de cero en el gráfico de residuos refuerza la precisión del análisis y la validez de las conclusiones derivadas.

Finalmente, la implementación del modelo econométrico no solo proporciona una comprensión profunda de las relaciones entre las variables de la economía violeta y el desarrollo de los grupos vulnerables, sino que también establece un precedente para futuras investigaciones en este campo. Al identificar la significativa correlación entre el Índice de Brecha de Género (IBG) y la Población Económicamente Inactiva (PEI) con el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el modelo ofrece una base empírica que puede guiar la formulación de políticas públicas efectivas y sostenibles. Este enfoque científico aporta evidencia cuantitativa que respalda la necesidad de estrategias integradas que prioricen la equidad de género y la inclusión económica, permitiendo a los responsables de la toma de decisiones diseñar intervenciones más informadas y adaptadas a las realidades de los grupos vulnerables en Ecuador. Además, el marco analítico propuesto puede servir como modelo para estudios comparativos en otros contextos regionales y nacionales, promoviendo una mayor discusión sobre el impacto de la economía violeta en el desarrollo social y económico, y su potencial para transformar vidas en comunidades marginadas. En este sentido, el modelo no solo contribuye al ámbito académico, sino que también se posiciona como un instrumento valioso para impulsar un cambio positivo en las políticas sociales y económicas del país.

C. Discusión

A través del modelo econométrico propuesto, se logró evaluar de manera exhaustiva el impacto y la relación entre las variables clave de la economía violeta y el desarrollo de los grupos vulnerables en Ecuador. Este enfoque permitió analizar cómo indicadores como el Índice de Brecha de Género (IBG), la Población Económicamente Inactiva medida en mujeres (PEI) y el Desempleo Femenino (DM) influyen en el logaritmo del Índice de Desarrollo Humano (IDH). Al incorporar estas variables en el modelo, se pudo observar que el IBG y la PEI tienen una correlación significativa con el desarrollo humano, destacando la importancia de integrar la perspectiva de género en la formulación de políticas económicas. Esto sugiere que el avance hacia una economía más inclusiva y equitativa puede contribuir de manera positiva al bienestar de los grupos vulnerables. Sin embargo, el análisis también puso de relieve la falta de significancia estadística del desempleo femenino, lo que invita a investigar más a fondo los factores que podrían estar influyendo en esta relación.

Los resultados obtenidos a través del modelo econométrico permiten una reflexión sobre la compleja interacción entre la economía violeta y el desarrollo económico y social de los grupos vulnerables en Ecuador. Estudios previos, como el de Georgina Binstock, destacan la importancia de integrar la perspectiva de género en el análisis económico para abordar las desigualdades de género y promover una economía más inclusiva y equitativa [1]. En este contexto, se observa que las variables I_IBG , I_PEI y I_DM tienen un impacto significativo en el logaritmo del Índice de Desarrollo Humano (IDH), lo que refleja la relevancia de la economía violeta en el desarrollo humano.

Sin embargo, es esencial contextualizar estos hallazgos dentro de debates más amplios sobre el empoderamiento económico de las mujeres y la inclusión de género en el desarrollo. Autores como Amartya Sen y Martha Nussbaum resaltan la importancia de la capacidad y las oportunidades como componentes fundamentales del desarrollo humano, lo que subraya la necesidad de políticas que promuevan la igualdad de género y eliminen las barreras que enfrentan las mujeres en el acceso a recursos y oportunidades económicas [9].

La falta de significancia estadística del desempleo medido en mujeres (I_DM) plantea interrogantes sobre posibles factores subyacentes que podrían influir en el desarrollo humano en Ecuador. Investigaciones adicionales podrían explorar la interacción entre el desempleo femenino, las políticas laborales y las normas sociales de género para comprender mejor su impacto en el desarrollo económico y social. Si bien los resultados del modelo proporcionan valiosas perspectivas sobre la relación entre la economía violeta y el desarrollo humano en Ecuador, es importante situarlos dentro de un marco teórico más amplio y considerar la complejidad de los factores que influyen en este proceso. Estudios futuros podrían profundizar en estas áreas para informar la formulación de políticas destinadas a promover un desarrollo más equitativo y sostenible en el país.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del modelo econométrico indican que el Índice de Brecha de Género (IBG) y la Población Económicamente Inactiva (PEI) basada en mujeres tienen un impacto estadísticamente significativo en el Índice de Desarrollo Humano (IDH). El impacto evaluado fue claro: las desigualdades de género y la participación económica de las mujeres son factores críticos en la determinación del desarrollo humano en Ecuador. El IBG, al medir disparidades en la participación laboral, acceso a la educación y representación política entre hombres y mujeres, revela cómo las desigualdades persistentes obstaculizan el desarrollo integral. Por lo tanto, la inclusión de una perspectiva de género en las políticas económicas se presenta como fundamental para promover la equidad y mejorar el desarrollo humano.

No obstante, el estudio también destaca desafíos persistentes. La falta de significancia estadística del desempleo medido en mujeres (I_DM) sugiere que el desempleo femenino podría no estar siendo adecuadamente capturado por el modelo actual. Este hallazgo resalta la necesidad de investigaciones adicionales para explorar factores subyacentes que influyen en el desempleo femenino y cómo se relacionan con otros indicadores del desarrollo humano. Es probable que dimensiones adicionales, como la calidad del empleo y las condiciones laborales específicas, no se hayan considerado plenamente en el análisis. Por ello, futuros estudios deberían evaluar más detalladamente estos factores y su impacto en el desarrollo económico y social.

Se sugiere que, para mejorar el desarrollo humano, es necesario implementar políticas que no solo fomenten la participación económica de las mujeres, sino que también reduzcan las brechas de género en diversos ámbitos. Las recomendaciones incluyen fortalecer políticas públicas que impulsen la igualdad en el mercado laboral, mejorar el acceso a la educación y la salud para mujeres, y promover la representación política femenina. Además, es crucial diseñar estrategias que integren un enfoque de género en la planificación y ejecución de programas sociales y económicos, asegurando que las intervenciones sean inclusivas y eficaces en la reducción de desigualdades existentes. Así, aunque los resultados ofrecen una perspectiva valiosa sobre el impacto de la economía violeta en el desarrollo humano, subrayan la importancia de continuar investigando y ajustando políticas para abordar de manera integral los desafíos de género y mejorar el bienestar general en Ecuador.

REFERENCIAS

- [1] G. Binstock and R. Rofman, "Conexiones demográficas. En la Demografía latinoamericana aceptamos la Economía porque no podemos ignorarla, pero en el fondo no nos preocupa demasiado.," Revista Latinoamericana de Población, vol. X, no. 18, 2016.
- [2] Observatorio de Igualdad de Género, "La sociedad del cuidado: horizonte para una recuperación sostenible con igualdad de género," Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.
- [3] PNUD, "La próxima frontera. El desarrollo humano y el Antropoceno," Informe sobre Desarrollo Humano 2020, 2020.
- [4] M. Eternod, "Brechas de género," Quinta Reunión de la Mesa Directiva de la Conferencia Regional sobre Población y Desarrollo, 15 Noviembre 2023.
- [5] INEC, "Participación de la Población en la Actividad Económica," Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2023.
- [6] J. Blanch, "Desempleo femenino, discriminación positiva, y rol de género: El desencuentro entre política y experiencia," Universidad Autónoma de Barcelona, 2023.
- [7] Banco Mundial, "Índice global de Brecha de Género Ecuador, 2023," 23 Julio 2024. [Online]. Available: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/indice-brecha-genero-global/ecuador>.
- [8] OIT, "Naciones Unidas impulsa la economía violeta para el desarrollo social y productivo en Ecuador," Organización Internacional del Trabajo, 14 Septiembre 2020.
- [9] P. Molina and E. Chávez, "Diversidad en la desigualdad : debates teóricos y exploraciones empíricas recientes," : Universidad de Buenos Aires. Instituto de Investigaciones Gino Germani, 2022.
- [10] A. Sen and C. Grown, "Development, crises, and alternative visions: Third world women's perspectives," Monthly Review Press, 1987.

Effects of climate anomalies on the soil-atmosphere interaction model and its convergence with conventional climate models

Mara Girón

<https://orcid.org/0000-0001-9215-1807>

maragiron.777@gmail.com

Universidad Nacional Politécnica

Antonio José de Sucre (UNEXPO)

Puerto Ordaz-Venezuela

Oscar Dam

<https://orcid.org/0000-0002-0594-6757>

oscarcurmetales@gmail.com

Universidad Nacional Politécnica

Antonio José de Sucre (UNEXPO)

Puerto Ordaz-Venezuela

Received (29/06/2024), Accepted (27/07/2024)

Abstract.- The application of the Determination of the Effect of Climate Anomalies on Soil-Atmosphere Interaction (DECASAI) model is described, which allows estimating the water evaporation over bodies of water and soils, based on a thermodynamic and kinetic approach. The model studies seasonal climate anomalies with emphasis on prolonged droughts (ENSO), to predict the vulnerability of selected water bodies, in their hydraulic and pluvial aspects. The model is integrated into the Biotic Pump Theories, evapotranspiration, and other conventional models such as Orchidee using the new absent information provided by the model in their calculations. The analysis estimated the critical radius of the condensed water droplets, for application in the conventional models. The proposed model is sufficiently robust and complementary for use in certain localities located in the Hadley cells, depending on their continentality.

Keywords: DECASAI, climate anomalies, soil-atmosphere interaction, conventional models.

Efectos de las anomalías climáticas en el modelo de interacción suelo-atmósfera y su convergencia con los modelos climáticos convencionales

Resumen: Se describe la aplicación del modelo DEACISA (Determining the Effects of Climate Anomalies on Soil-Atmosphere Interactions-DECASAI), que permite estimar la evaporación de agua de cuerpos de agua y suelos con base en métodos termodinámicos y cinéticos. El modelo estudia anomalías climáticas estacionales, con énfasis en sequías prolongadas (ENSO/ENOS), para predecir la vulnerabilidad de cuerpos de agua seleccionados, en sus aspectos hidráulicos y pluviales. El modelo se integra con las Teorías de la Bomba Biótica, la evotranspiración y otros modelos convencionales como el de Orchidee a través de la nueva información faltante que proporciona el modelo en sus cálculos. El análisis estimó el radio crítico de las gotas de agua condensada, para su aplicación en modelos convencionales. El modelo propuesto es suficientemente robusto y complementario para su uso en determinadas localidades ubicadas en las celdas de Hadley, dependiendo de su continentalidad.

Palabras clave: DECASAI, anomalías climáticas, interacción suelo-atmósfera, modelos convencionales.

I. INTRODUCTION

Climate models are important tools for predicting future climate change. It is essential that these models accurately capture the changes already observed to increase confidence in future projections. Regardless of the space-temporal scale, dynamic models of conventional climate systems generally share the same basic structure, considering the same variables, and are governed by the same physical principles of conservation of mass, energy, and momentum, just like any natural system. These models can be used for climate and weather prediction and range from planetary to microscale.

Atmospheric behaviors are assumed to behave like ideal fluids in these models. Climate systems with a smaller dimension of local space are modeled with their local characteristics. The model "Determination of the Effect of Climate Anomalies on Soil-Atmosphere Interaction" (DECASAI/ DEACISA in Spanish) [1], determines the effect of climate anomalies on soil-atmosphere interaction for different tropical belt topographies according to the Hadley cell. It focuses on the entropic characterization of the associated thermodynamics, effects of water evaporation from the considered water bodies, moisture evaporation from the associated soils, and existing coupling force. It also considers the kinetics with the characteristics of the vulnerable soils of affectation such as porosity, permeability, and density. It also takes into account the humidity necessary to maintain biodiversity, affected areas that host water bodies of reservoirs and water basins, and biodiverse areas considered microclimates. The model determines the formation of water droplets, the behavior of the relative humidity for precipitation, and the amount of entropy exchanged between the air masses.

The estimate of total evaporation is separated into the evaporation of biomass (evapotranspiration) and that of the water mirrors of reservoirs and water basins, including the Amazon rainforest. The model was compared with other conventional models such as the Biotic Pump and Orchidee [2], [3], to establish convergences in the spatial variations of the coupling force and the observed forces, taking into account the differences in parameterization, climatology, and hydrological regimes.

In this article, we discuss the importance of the evaporation rate for the DECASAI Model, the theory of the Biotic Pump, and the Orchidee approach. It explains the methodology used to calculate relative humidity and condensation, the adiabatic gradient of the atmosphere, and the radius of a water drop in a vapor cloud. These calculations are essential for applying DECASAI to the evaporation of biomass for the Biotic Pump and Orchidee. Finally, we present the DECASAI results for the selected biomass and draw our conclusions.

II. DEVELOPMENT

The DECASAI model [1] is a climate model designed to study the impact of non-seasonal climate anomalies on soil-atmosphere interaction, water bodies, and surrounding biomass. It primarily focuses on the hydraulic and pluvial dependence of bodies of water on the water currents that feed them.

The DECASAI model [1] complements conventional climate models such as Orchidee and Biotic Bomb [3], [2], by taking into account the topography and sentimentality of regions within the tropical belt. It specifically accounts for the role of inland water bodies in the evaporation process and considers their hydraulic and pluvial behavior, as well as other convective and thermodynamic ranges. The model studies the interrelationship between these factors, with a focus on how hydrological regimes [4], impact climate prediction. The transversal approach for real-time assessment of the vulnerability of water bodies to climatic anomalies is also considered. The results are presented in numerical and perceptual formats, similar to those of more complex models.

A. Importance of evaporation rate for the DECASAI Model

It's essential to keep in mind that the amount of water evaporated by one hectare of tropical forest can vary significantly in different weather conditions, such as temperature changes, relative humidity, wind speed, and solar radiation. Moreover, the amount of water evaporated also depends on the forest's density and the total amount of rainfall in the region. To determine the precise quantity of water evaporated by one hectare of tropical forest in different meteorological stations, it is necessary to collect meteorological data such as temperature, relative humidity, wind speed, and solar radiation. These data can be obtained from monthly agro-climatic databases [5].

In addition, the theories of the biotic pump [2], and the ORCHIDEE [3], were useful in associating the approach of the DECASAI Model [1], by calculating convection and evaporation considering: the prevailing winds and the geopotential height to obtain the adiabatic gradient of the air (u) below 11km, based on this, the radius of a condensed drop can be obtained from convective water vapor, driving the energy of the liquid phase in compensation and decreasing entropy. The model can be coupled to conventional models, in particular the Biotic Pump Theory and ORCHIDEE, which needs the generated information on water vapor convection in the tree crowns and evapotranspiration to measure foliar behavior, respectively; taking as an example the evaporation of the Amazon rainforest.

B. The Biotic Pump Theory (PBT)

As per the theory, the biotic pump plays a crucial role in driving the circulation of air and water in the atmosphere and on the Earth's surface, which is essential to maintain the climate and ecological balance [2], [6], [7]. This mechanism releases moisture from vegetation, which turns into clouds and precipitation, contributing to maintaining soil and vegetation moisture. Besides, vegetation also acts as a natural filter, removing carbon dioxide and other pollutants from the air.

Also, by regulating local and regional temperatures, the biotic pump contributes to a cooling effect on the environment through plant transpiration and soil evaporation. Vegetation also has the advantage of reducing wind speed and protecting against soil erosion. This causes the relatively high-pressure air below to draw in more humid air from the sea or the forest surface [2], [8], [9]. Although temperature is not the primary determinant of air and water circulation in the atmosphere and on the Earth's surface, the biotic pump theory acknowledges that temperature plays a crucial role in the ability of air to contain water vapor [3].

C. The Orchidee Approach

To relate the proposed model to Orchidee (Organizing Carbon and Hydrology in Dynamic Ecosystems) [4], the calculation of reference evapotranspiration (ET_0) using the FAO Penman-Monteith equation, which is one of the most accurate methods for calculating evapotranspiration [10], is considered. That equation uses the aforementioned meteorological data to calculate the average evaporation rate.

$$5c + gt + fb + v = 0 \quad (1)$$

To estimate the actual evapotranspiration, the calculated ET_0 is used, which depends on the density of the biomass, the amount of rainfall the area receives, and other factors specific to the area. It is important to consider the limitations when relating DECASAI [1] with Orchidee [3], in its soil-atmosphere interaction, it is necessary to consider limitations and the fact that the average evaporation rate obtained may vary depending on the specific conditions of the associated biomass.

The estimated average Total Field Evapotranspiration (TFE) value measures the total amount of water transferred from the land to the atmosphere, including soil evaporation and plant transpiration. For example, recent research using the ORCHIDEE-CAN-NHA model has simulated water and carbon fluxes in tropical forests to predict tree mortality in response to drought. The model was tested in the Caxiuanã rainfall exclusion experiment in eastern Amazonia, obtaining an average value of $0.18 \text{ m}^3/\text{m}^3$ of water in the soil, measured at a depth of 5 cm, for soil moisture evaporation calculations [11]. The model evaluation was based on a comparison of DECASAI data, which were included in the original TFE curves shown in Figure 1, with fairly good agreement.

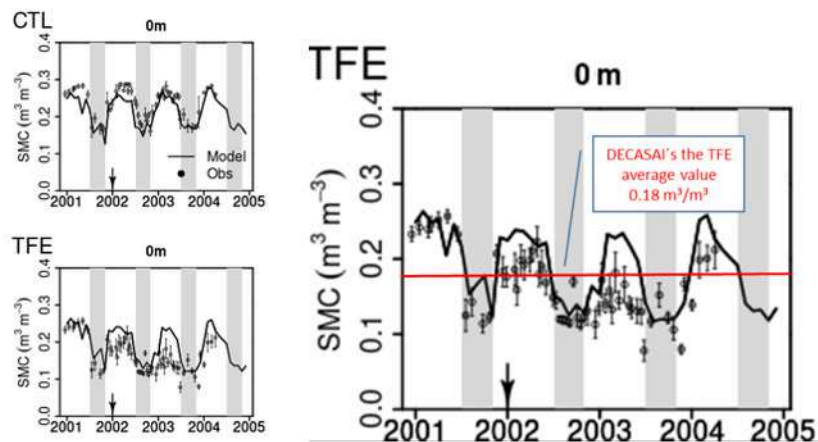


Fig. 1. Modeled (ORCHIDEE-CAN-NHA, black line) versus observed (black dots) volumetric soil moisture content (SMC) 915 at different depths. Due to the limited time duration of observation data, we only show the modeled SMC from 2001 to 2004. **(a)** The partitioning of evapotranspiration (ET) was compared between CTL and TFE **(b)** The red line running horizontally represents the estimated average TFE value. Source: [11], edited by AUTHORS.

III. METHODOLOGY

The study presents the relevant parameters that affect the seasonal climate prediction of a certain region or microclimate, specifically in the evaporation process, and how it is related to the behavior of the type of soil and water bodies. For the application of the model, significant climatological data were selected from NASA's MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis [12], combining it with the modern global meteorological model in 50 km grids. (FAOH, Global Land Cover SHARE database) [13], [14] Based on a historical hourly climatological statistical analysis and model reconstructions from 1980-2016 (Meeus J., Astronomical Algorithms) [15],[2].

The selection of the Gurí Reservoir, for the application of the proposed model, included, on the one hand, its conditions of internal continentality, Topography (The elevation data "SRTM") [16], and the characteristics that influence the values of relative humidity and evaporation conditions of the water mirror and proximity to the Amazon Rainforest. On the other hand, it is hydrological and pluvial dependence. To analyze the convergence of the results.

The DECASAI model [1] is based on the premises outlined in the introduction and focuses on the thermodynamics variables and local parameters described in Table 2 in previous paper describing the DECASAI model [1]. To analyze model convergence, climatic and meteorological data from the Gurí-Venezuela Reservoir [1] were used as a reference point for its tropical location and proximity to the Amazon rainforest. This allowed for comparisons with other locations within the tropics.

This study utilizes the DECASAI model [1] to analyze evaporation, convection, and entropy in a specific region. The model incorporates geographic and meteorological data such as:

- Geographic: Water body size, biomass size, elevation (ASL), annual average soil temperature, solar radiation, and wind speed.
- Meteorological: Airflow speed (varying based on climatic conditions such as Northern Trades 20-22km/hr, ENSO>28km/hr, tropical depressions>117, and storms) and DELTA T (°C) air-water vapor evaporation (2.5 °C/g H₂O evap.kg air).

The model includes two domains (continental and regional) and considers standardized soil porosity values for a specific soil surface layer (-5cm to 10cm). Boundary conditions are applied assuming flow over a flat plate.

The work focuses on complementary analysis of the models, with a specific focus on evaporation, convection, and entropy. All calculations were performed using the optimization tool (DECASAI [1]) in MS Excel®, assuming a standard deviation of 0.2% error for all correlation coefficients obtained. The coherence of the comparison of the results confirms the physics of DECASAI [1], which has profound implications for current mathematical climate models. This not only helps in predicting the consequences of widespread evaporation but also helps in better understanding atmospheric processes that lead to the formation of air masses.

The equations involved in the DECASAI model are the following:

D. Relative Humidity and Condensation

In this section of the analysis for the DECASAI model [1], it is considered that the relative humidity is represented as the energy of the liquid phase in compensation, and condensation is assumed as the presence of decreasing entropy, to calculate the partial pressure variation of the water vapor. Therefore, when considering thermodynamics, the relative humidity ϕ is defined as the ratio between the partial pressure of water vapor $P_v = 101.324$ kPa and the saturating vapor pressure P^{sat} .

$$\phi = P_v / P^{sat} \quad (1)$$

Taking as premises that: If <1 , the vapor state is maintained to wait for condensation, If >1 , overcoming the activation energy. The free energy for the evaporation of n moles of water is expressed as:

$$dG = (v_{liq} - v_{vap}) dn + Y dA \quad (2)$$

$$dv = -RT \ln \phi \quad (3)$$

Using Kelvin's equation to calculate the radius of the drops, the radius of the drops is calculated by the expression:

$$r = 2Y \cdot v_{liq} / r t \ln \phi \quad (4)$$

$$\log_{10}(P_{sat}[mmHg]) = A - B / (T[°C] + C) \quad (5)$$

$$El \Delta G = 4/3 (\Pi \cdot Y \cdot r c^2) \quad (6)$$

Assume that: steam behaves like an ideal gas, $-dA = 8\pi \cdot r \cdot dr$, (7), $A = 8.0713$, $B = 1730.83$, $C = 233.42$. Taking the saturation of Equation Antoine [17]

$$\log_{10} P_s (mmHg) = A - \left(\frac{B}{T(^{\circ}C) + C} \right) \quad (7)$$

The laws of Newtonian physics indicate a strong correlation ($R^2 > 0.9$) between temperature and saturated pressure as illustrated in Figure 2, which is used to calculate the rate of evaporation. The curve obtained is represented mathematically:

$$y = 13.447e^{0.2817x}, R^2 = 0.9992 \quad (8)$$

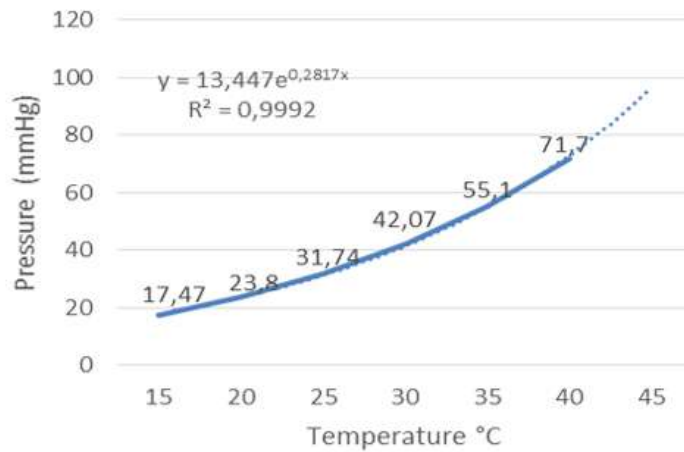


Fig. 2. Variation of saturated pressure (mmHg) as a function of temperature (T°C). Source: Authors

E. Adiabatic Gradient of the atmosphere

It is assumed that within the control volume, there are adiabatic processes, to calculate the Adiabatic Gradient of Air (γ), rescuing the thermodynamic evolution, Below 11km, Using Mayer's Relation and Clapeyron's Equation

$$(\gamma) = -dT/dh = M.g/Cp \quad (9)$$

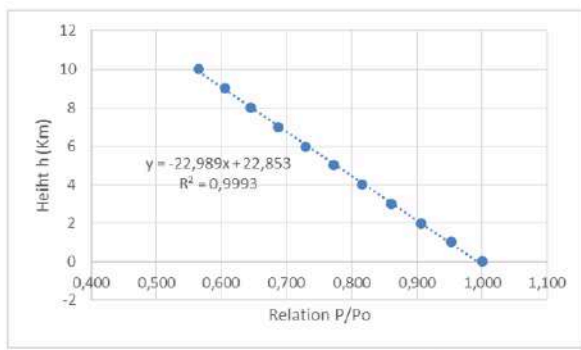
Variation of pressure as a function of height

$$(P/Po) = (1 - \gamma.h/To)EXP.(Cp/R) \quad (10)$$

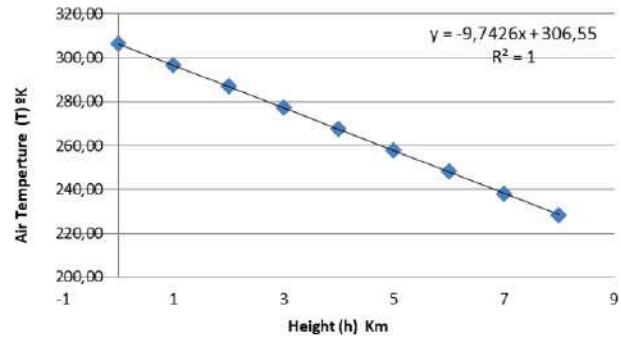
The relationship between pressure and height is illustrated in Figure 3a, which shows an inverse proportionality, as reflected by the formula. Like Fig. 3b, the relationship is also inversely proportional to the variation in air temperature as a function of height (km); the empirical equation that describes it is displayed in Figures 3a and 3b. The following empirical equation can represent the inversely proportional relationship between the temperature and the altitude.

$$(a) \ y = -22.881x + 22.744, \quad (11), \quad R^2 = 0.9993$$

$$(b) \ y = -9.7426x + 306.55, \quad (12), \quad R^2 = 1$$



(a)



(b)

Fig. 3. Effect of the altitude on the Pressure (a) and temperature (b) values.
Source: Authors.

F. Radius of a water drop in a vapor cloud

For rain to form, the droplets must contain air that is more than 100% saturated. Droplets with $r < r_c$ evaporate, while those with $r > r_c$ grow through condensation on the surface. A drop of water of radius r in equilibrium with its vapor in a cloud, at a given temperature T , with an internal pressure P^0 and the vapor around it P_v , is verified by the Laplace and Kelvin equations.

The Relationship between Water Droplet Size and Water Vapor Pressure, was determined by using the Laplace and Kelvin equations, the researchers determined that droplets with a radius greater than a critical value (r_c) will grow through condensation, while those smaller than r_c will evaporate. The study aimed to illustrate this relationship at a temperature of 20°C and estimate the radius of the water droplets [18]. The results, depicted in Figure 4, show a clear correlation between the size of the water droplets and the surrounding water vapor pressure.

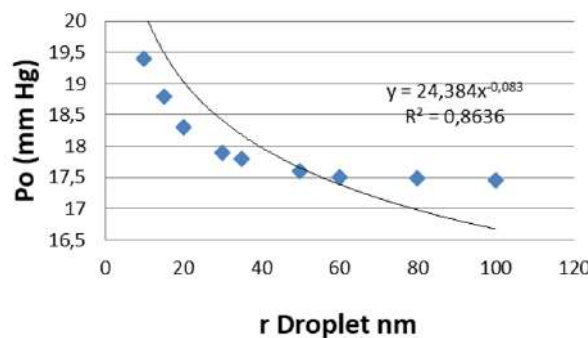


Fig. 4. Variation of droplet size (nm) in vapor clouds with vapor pressure P_o .
Source: Authors.

G. Application of DECASAI to biomass evaporation

The equations involved in the DECASAI model for biomass evaporation are interrelated as follows:

Evaporation of water bodies of water

Calculating water evaporation in bodies of water is obtained with increasing entropy, as uncompensated energy. In case of flat plate forced convection in laminar flow, at a distance x downstream of the plate edge, in a simple way $Re < 5 \times$, $Pr > 0,6$, We have $Re < 2300$ laminar flows and $Re > 2300$ for turbulent flows, ρ = fluid density, L = length (cm), S_a = air volume (m/sec), v = air speed (m/sec), ρ = density of atmospheric air at water level 15°C = 1.225 kg/m³ Prandtl number Pr air = 0.71000, α = thermal diffusivity heat transfer coefficient, U = moment of diffusivity, ν = viscosity of air (cc/sec).

Convection arises naturally in the atmosphere. This process is governed by the Ideal Gas Law, which describes the relationship between the pressure, volume, temperature, and quantity (in moles) of an ideal gas such that the amount of evaporated water (EC water) given in gr/h.m², would be:

$$ECw\left(\frac{gr}{h\ m^2}\right) = hp * \frac{P_{vv}-P_v}{0.082*(T_m+273)} \quad (13)$$

E(C water) expressed in m³, t = anomaly time (hr), Vca = volume of body of water

$$ECw\ (m^3) = \left(ECw * \frac{Vol\ ca}{10^7} \right) * \frac{t_{anomaly}}{10^{-5}}\ (hr) \quad (14)$$

In this way obtain

$$\% \text{ Water Evap} = \text{Effect} \frac{Enso}{C} w * \frac{100}{Vca} \quad (15)$$

Soil Water Evaporation

Soil water evaporation is a crucial process in the hydrological cycle due to its role in regulating atmospheric temperature and water resource availability. The evaporation of water from soil follows similar patterns to evaporation from water bodies. Momentum conservation equations are applied to the entire porous medium to understand the environmental behavior [1, 19].

Considering soil conditions, where σ represents stress terms, ρ represents porous medium density, and g represents gravitational acceleration, the following assumptions are made: ρ = 1225 kg/m³ (density of atmospheric air at 15°C), Pr_{air} = 0.71000 (air pressure), V0 = 3.95 cm³ (volume occupied by air at 273.15 K), Water vapor pressure (Pv) = 4.44 g/cc, The convection coefficient or surface transmission coefficient (h) quantifies the influence of fluid, surface, and flow properties during convective heat transfer. It is modeled using Newton's Law of Cooling:

$$Q = h * A * (Ts - T\infty) \quad (16)$$

where Q is convective heat transfer (W), h is the film coefficient (W/K), A is the body's surface area in contact with the fluid, Ts is the body's surface temperature (K), and T∞ is the fluid temperature at a distance.

Additional parameters include: Vapor heat transfer coefficient (hv) = 6000-15000 W/°C, Steam heat transfer coefficient (h_{steam}) = 0.02422 Cal/(h°F), Total volume (Vt), Volume occupied by pores (Vp), Volume occupied by solids (Vs), Volume of water (Vw), Volume of air (Va), Mass of solids (Ms), Mass of water (Mw). Assumed values include: Air pressure (Pa) = 254 g/cc, water and air temperature (Ta, Tg), soil density (ρs) = 2.2 g/cc, soil porosity = 5 (sandy loam soil), Floor humidity (%). The weight of soil solids without pores per unit volume considered as a mineral soils average 2.65 g/cc. The ideal gas law governs the relationship between pressure, volume, temperature, and quantity of an ideal gas, leading to the following equation for water evaporated above the soil (EC water-soil) in g/hm²:

$$ECw - s\left(\frac{gr}{h\ m^2}\right) = hp * \frac{P_{vs}-P_v}{0.082*(T_{air}+273)} \quad (17)$$

Where h_p = transfer coefficient, water vapor pressure above the ground $P_{vs}=6.28$; Vapor pressure $P_v(\text{gr/cc})=4.42$; Air Temp °C. The soil humidity (gr/cc) is taken into account, comparing it with Soil humidity % (data from the region under study)

$$H_s \left(\frac{\text{g}}{\text{cc}} \right) = \frac{D_s \left(\frac{\text{kg}}{\text{cc}} \right) \times \text{Vol. V air } \%}{100} \times 18 \quad (18)$$

EC_{water} expressed in m^3 , t = anomaly time (hr), V_{ca} = volume of body of water

$$EC_{\text{water}} - \text{soil} (\text{m}^3) = \left(EC_{\text{water}} - \text{soil} \left(\frac{\text{g}}{\text{h m}^2} \right) * \frac{\text{Vol ca}}{10^7} \right) * \frac{t_{\text{anomaly}}}{10^{-5}} (\text{hr}) \quad (19)$$

In this way obtain

$$\% \text{ Evaporated Water} - \text{soil} = \text{Effect} \frac{\text{ENSO}}{c} w * \frac{100}{V_{ca}} \quad (20)$$

H. Evaporation of biomass for Biotic Pump and ORCHIDEE

Massive flows of water in the form of vapor, known as "flying rivers," originate from the tropical Atlantic Ocean and are fed by moisture evaporation from the Amazon. These atmospheric rivers travel swiftly across the atmosphere and cause rain more than 3,000 kilometers away. They are essential for agricultural production [20, 21]. To apply this concept for DECASAI [1], the evaporation rate in the Amazon jungle is estimated at approximately 4 millimeters per day per square meter. This corresponds to four liters of water accumulated above the ground. This data can be used to calculate tree transpiration rates by measuring the area of the tree's crown [21].

$$Evap = \text{biomass area} (\text{km}^2) * \text{water layer} \frac{\text{mm}}{\text{day}} * 1 \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$Evap = \text{biomass area} (\text{km}^2) * \frac{4\text{mm}}{\text{day}} * 1\text{m}^2 * 1000 \quad (22)$$

A leafy tree, with a crown 20 meters in diameter, transpires more than 1,000 liters in a single day. As an example, the Amazon has 5.5 million square kilometers occupied by native forests, with approximately 400 billion trees of the most varied sizes. Obtaining 20,000 million tons (or 20 billion liters) of water are transpired every day by the trees of the Amazon basin. The Amazon (tropical rainforest), with approximately 400 billion trees (of varied sizes) would be represented

$$Evap_{\square} = 20 \times 10^6 \frac{\text{ton}}{\text{day}} = 20 \times 10^9 \text{ lt water} \quad (23)$$

I. Evaporation Rate of the model

Applying the DECASAI and equations in the methodology section yields climatic parameters and the evapotranspiration equation.

$$Evap_{\text{plant}} = \text{biomass area} (\text{km}^2) * 4\text{lt} \quad (24)$$

Considering the effect of the anomaly on the body of water would remain m^3 :

$$\text{Effect} \frac{\text{Enso}}{c} \text{water} = EC_w (\text{m}^3) + E_{vs} (\text{m}^3) \quad (25)$$

It is assumed that DECASAI

$$E_{\text{total}} (\text{m}^3) = EC_w (\text{m}^3) + EC_{\text{water}} - \text{soil} (\text{m}^3) \quad (26)$$

RESULTS

A. Case of application Evaporation Rate of the model

Applying the DECASAI [1] and equations in the methodology section yields climatic parameters and the evapotranspiration equation (23)–(26). Biomass soil evaporation is equivalent to plant evaporation. It accounted for 5.2% of the trees. The amount of biomass evaporation varies depending on the selected biomass, such as in the case of Gurí Reservoir in Venezuela. Using the meteorological variables described in Table 2 in previous paper on the DECASAI model [1], along with the equations involved and shows the results obtained in table 3 from applying in Gurí Dam-Venezuela, which includes the estimates from DECASAI model [1], [15], and the variation of biomass evaporation.

The calculations of the DECASAI model allowed us to estimate the critical radius of the condensed water droplets, in the order of 4.58 nm. This value is assumed constant for its application in the Orchidee and Biotic Pum models. For the analysis of the TFE values, these are obtained from Figure 1 assuming an average value of 0.18 m³/m³ of water in the soil. Table 1 summarizes the results of our analysis on soil water evaporation.

Table 1. Comparison of evaporation index of the studied models. Source: Authors.

Model	DECASAI	Orchidee	Biotic Pump Theory
Evaporación Rates %	0.31	0.18	0.46

The comparative values in Table 1 provide a preliminary indication, though not exhaustive, that the evaporation rates of DECASAI and Orchidee are of the same order of magnitude. In the comparison parameters, for the three cases calculated by the DECASAI model where the final soil moisture result converges at 2.19 gr/hm³., the soil water removal (g/h.m²) ranges above 30%. The DECASAI model, as described in [1], demonstrates its convergence and robustness by considering the topography and continentality of the different area bodies.

CONCLUSIONS

The results of the exercise indicate the complementarity of the DECASAI model with the Biotic Pump and the Orchidee, being considered sufficiently robust, under its thermodynamic, moment, and physical approach for certain localities located in the Hadley cells, according to their continentality, to study the seasonal or non-seasonal climate anomalies, with special emphasis on periods of prolonged drought (such as ENSO) at a global level or microclimates (microscale) and that can predict the vulnerability of selected water bodies, in their hydraulic and pluvial aspects.

The developed model provides promising avenues for future research in the assimilation of experimental data to parameterize convection, evaporation, and condensation due to the effects of water evaporation from the considered water bodies, and the associated soil moisture evaporation, induced by the prolonged drought.

Furthermore, the findings suggest the relevance of the integrated approach provided by the DECASAI model, which combines thermodynamic, momentary, and physical elements, to address the challenges associated with climate variability in specific regions. This holistic approach allows for a more complete understanding of atmospheric processes and the interaction with local water bodies, which in turn improves the predictive ability of the model in terms of extreme weather events and their impact on water supply and availability. Of ter resources.

On the other hand, the successful implementation of the model in the studied regions highlights the importance of considering both local and global factors in predicting water vulnerability. This highlights the need for international collaboration and the adoption of transdisciplinary approaches to address challenges related to climate change and sustainable water management, to develop effective adaptive strategies and foster community resilience to extreme climate events.

RECOGNITION

Recognition is given to Universidad Nacional Experimental Politécnica UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz, for its support in the training of engineers aiming to generate knowledge of science and for science.

REFERENCES

- [1] M. Giron, "Mathematical model of the convective behavior of climate variability applied to a cubic Hadley cell," Editorial AutanaBooks, vol. 14, no. 4, pp. 32-44, 2023.
- [2] A. M. Makarieva and V. G. Gorshkov, "Reply to AGCA Meesters et al.'s comment on" Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land," *Hydrology and Earth System Sciences*, p. hess.copernicus.org, 2009.
- [3] M. Guimberteau, D. Zhu, F. Maignan, Y. Huang, C. Yue, S. Dantec-Nédélec and P. & Ciais, "ORCHIDEE-MICT (v8. 4.1), a land surface model for the high latitudes: model description and validation," *Geoscientific Model Development*, vol. 11, no. 1, pp. 121-163, 2018.
- [4] Y. M. Zamora, "Modelación del efecto de la variación climática en el balance hídrico en dos cuencas (México y Cuba) bajo un escenario de cambio climático," Mexico, 2018.
- [5] N. N. Gattinoni, "Automatización de reportes agrometeorológicos," repositorio.inta.gov.ar, 2020.
- [6] A. M. Makarieva, and V. G. Gorshkov, "The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate," *International Journal of Water*, vol. 5, no. 4, pp. 365-385, 2010.
- [7] P. Bunyard, "How the Biotic Pump links the hydrological and the rainforest to climate: ¿Is it for real? ¿How can we prove it?," Universidad Sergio Arboleda, [p. repository.usergioarboleda.edu.co](http://p.repository.usergioarboleda.edu.co), 2014.
- [8] A. D. Nobre, "O futuro climático da Amazônia," in *Relatório de Avaliação Científica*. São José dos Campos, São Paulo, 2014.
- [9] P. Bunyard, C. Peña and L. Díaz, "Analysis of meteorological data for la selva station by applying the biotic pump theory," *Tecciencia*, vol. 9, no. 16, pp. 73-77, 2014.
- [10] S. Santiago-Rodríguez, T. Arteaga-Ramírez, D. M. Sangerman-Jarquín, R. Cervantes-Osornio and A. Navarro Bravo, "Evapotranspiración de referencia estimada con Fao-Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves y RNA," *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 3, no. 8, pp. 1535-1549, 2012.
- [11] Y. Yao, E. Joetzer, P. Ciais, N. Viovy, F. Cresto Aleina, J. Chave and S. Luysaert, "Forest fluxes and mortality response to drought: model description (ORCHIDEE-CAN-NHA r7236) and evaluation at the Caxiuaná drought experiment," *Geoscientific Model Development*, vol. 15, no. 20, pp. 7809-7833, 2022.
- [12] R. Gelaro, W. McCarty, M. J. Suárez, R. Todling, A. Molod, L. Takacs and B. & Zhao, "The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2)," *Journal of climate*, vol. 30, no. 14, pp. 5419-5454, 2017.
- [13] K. Fukushima, H. Kondo and S. Sakata, "Geochemistry of hydroxy acids in sediments—I. Some freshwater and brackish water lakes in Japan," *Organic Geochemistry*, vol. 18, no. 6, pp. 913-922, 1992.
- [14] A. Osman, D. O. Yawson, S. Mariwah and I. Y. Dadson, "Towards a concrete landscape: Assessing the efficiency of land consumption in the Greater Accra Region, Ghana," *Plos one*, vol. 17, no. 6, p. e0269120, 2022.

- [15] M. Giron, "Análisis de convergencia de los resultados de la aplicación del modelo Determinación del Efecto de las Anomalías Climáticas en la Interacción Suelo-Atmósfera (DEACISA/ DECASAI)," in XX Jornadas de Investigación 2023, IV Congreso de Investigación, Ciencia y Tecnología UNEXPO Puerto Ordaz, Puerto Ordaz, Venezuela, 2023.
- [16] "Mission, Shuttle Radar Topography. "SRTM." sf)," Spatial Information, [Online]. Available: <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata>. [Accessed 2023].
- [17] J. A. V. Jiménez and L. A. Forero, "Complemento en MS. Excel para consulta de propiedades termodinámicas de sustancias puras," Investigaciones aplicadas, vol. 2, no. 2, pp. 23-29, 2008.
- [18] J. Pellicer, M. D. Planas and y Hernández , "Una Aplicació del potencial de Helmholtz a l'estudi de l'equilibri termodinàmic entre un líquid i el seu vapor, en presència d'efectes superficials.," Revista de física, no. 7, pp. 26-28, 1994.
- [19] J. V. Giráldez, K. Vanderlinden and H. F. ten Berge, "La evaporación del agua del suelo bajo control atmosférico.," Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. Eds. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter, C. Tascón. ICIA: Tenerife: Universidad de Córdoba., no. ISBN 84-699-1258-5, pp. 181-186, 2009.
- [20] M. Pacheco Montes, R. Botero and E. Muñoz Ciro, "Los Ríos Voladores y el monstruo de mil cabezas," Revista Ambiental Éolo, vol. 19, no. 14, pp. 12-29, 2020.
- [21] A. Nobré, "Qué son los "ríos voladores" de Sudamérica que llevan por aire tanta agua como el Amazonas," 27 8 2017. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41038097>. [Accessed 11 2023].

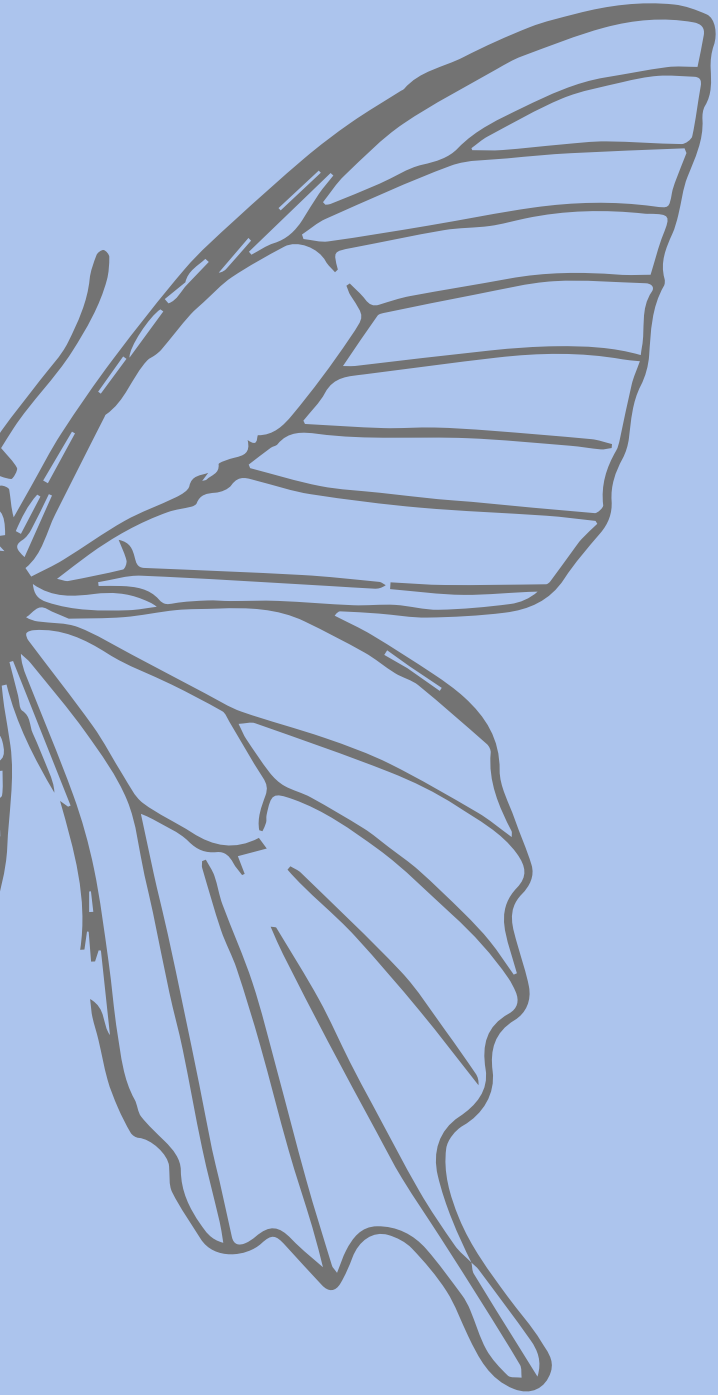
LOS AUTORES



Mara Girón, Industrial Engineer, MSc Industrial Engineer, Industrial Risk Prevention Specialist, Student of the Doctorate of Engineering Sciences at UNEXPO vice-rector Puerto Ordaz. Venezuelan.



Oscar Dam, UCV Metallurgical Engineer, PhD Engineering. University of London England. Author of ten (10) patents and co-author of three (5), all with industrial application and novel technologies. Professor at UNEXPO, UCV, IVIC. Venezuelan.



Edited by:

