

ISSN N° 3028-9432 (En línea)

Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 3 - N° 3 - Setiembre 2024



FONDO EDITORIAL

Complejo valle del Río Chira
Fotografía: Foto del Sitio arqueológico Tangarara 3, Sullana, Piura



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA

Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 3 - N° 3- Setiembre 2024



FONDO EDITORIAL



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. José Florentino Molero López
Presidente de la Comisión Organizadora

Dra. Ana María Matos Ramírez
Vicepresidenta de Investigación de la Comisión Organizadora

Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez
Vicepresidente Académico de la Comisión Organizadora

ÍNDICE

	Pg.
1. Editorial	6
2. Artículos científicos	7
2.1. Análisis preliminar: mejoramiento de conservación preventiva en cerámica Tallan utilizando agua destilada con cloruro de sodio, y presencia de microorganismos. David González Espino.	8 – 16
2.2. Análisis de la relación entre la variabilidad del tipo de cambio real (bilateral) en la balanza comercial según la condición Marshall – Lerner en el Perú 2013.01-2023.12 Charito Liseth Estrada Yovera, Nayely Teresita Pérez Berrú, Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez, Luis Trelles Pozo	17 – 28
2.3. Influencia del Ingreso y la Tasa de Interés Pasiva en el Ahorro Nacional según la teoría Keynesiana: Perú 1992-2022 Angélica María Torres Madrid, Fernando José Sánchez Gonzales, Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez, Martin Antonio Castillo Agurto, Nayely Beatriz Villegas Sarango	29 – 50
2.4. Videojuego con gamificación para mejorar el aprendizaje matemático en estudiantes de primaria. Ángel Isaac Rodríguez Soplá	51 – 59
2.5. Compuestos fenólicos totales en hojas de Neem (<i>Azadirachta indica</i>) del norte peruano Efectos del secado y extracción asistida por ultrasonidos. Henry Daniel Muñoz More, Juliana Maricielo Nole Jaramillo, Luis Alberto Ruiz Flores, Karina Silvana Gutiérrez Valverde, Luz Areliz Moreno Quispe, Heber Peleg Cornelio Santiago, Luis Alfredo Espinoza Espinoza	60 – 73

Aypate
Revista de Investigación Científica de la UNF
Vol. 3 N° 3 - Setiembre 2024

Edición: setiembre 2024

Copyright 2024

Editado por:

Universidad Nacional de Frontera. Fondo Editorial

Av. San Hilarión N° 101 - Nuevo Sullana - Sullana, Piura, Perú Teléfono: +51 073-518941

E-mail: udec.dgi@unf.edu.pe

www.unf.edu.pe

Deposito legal N° 2024-02282

ISSN: 3028-9432 (En línea)

Publicación trimestral

Autoridades universitarias

Dr. José Florentino Molero López : Presidente de la Comisión Organizadora

Dra. Ana María Matos Ramírez : Vicepresidenta de Investigación de la Comisión Organizadora

Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez : Vicepresidente Académica de la Comisión Organizadora

Editor en jefe

Mg. José Luis Huayanay Villar

AYPATE, revista de Investigación Científica fue creada con RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 454-2022-UNF/CO, con fecha 08 de setiembre de 2022.

AYPATE, Tiene una periodicidad trimestral, y en ella se recogen los trabajos sobre investigación científica en el campo de las ciencias sociales, ingeniería, turismo, desarrollo sostenible, cambio climático, entre otros. Todo artículo publicado en esta revista es responsabilidad de los autores.

EDITORIAL

La Universidad Nacional de Frontera (UNF), a través de su Vicepresidencia de Investigación, Dirección de Gestión de la Investigación y Fondo Editorial, presenta y pone a disposición de la comunidad científica, académica y sociedad su segundo volumen trimestre dos de “AYPATE” Revista de Investigación de la UNF, cuya génesis tiene el fin supremo de difundir el conocimiento a través de resultados originales, producto de investigaciones científicas que representen una contribución para el desarrollo de la ciencia y tecnología.

Nuestra diversidad cultural, la formación de profesionales en la UNF con conocimiento científico, tecnológico, humanístico y las diferentes líneas de investigación que impulsa nuestra Casa Superior de Estudios, ha permitido desarrollar un trabajo multidisciplinar e interdisciplinar con los miembros de la comunidad UNF; así como, investigadores externos invitados, donde cada uno de ellos ha contribuido a la cristalización de “Aypate” Revista de Investigación de la Universidad Nacional de Frontera; cuya denominación, tiene como finalidad resaltar y evidenciar la magnitud, importancia y puesta en valor de la cosmovisión de nuestra herencia andina en la región.

Cabe indicar que, los artículos publicados en la presente revista, han seguido un proceso riguroso de revisión por parte de investigadores nacionales e internacionales de distintas áreas del saber de reconocida trayectoria, que ha permitido lograr con éxito esta edición. Además, los diferentes temas de investigación se han abordado con un nivel significativo de complejidad y rigurosidad del método científico, partiendo de la sistematización y procesamiento de información basada en análisis documental y trabajo de campo hasta la discusión de resultados y formulación de conclusiones relacionadas a la industria alimentaria, economía, turismo, ciencias ambientales y aspectos sociales.

Finalmente, nuestra revista en sus próximos números quedará abierta no solamente para cada uno de los miembros de nuestra comunidad UNF; sino también, para todos aquellos investigadores que deseen contribuir en este espacio intelectual solidario que inicia la UNF EN EL CAMINO DE HACER CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. De manera especial, la UNF reconoce y agradece a sus autoridades, autores, revisores, colaboradores, equipo técnico y lectores por la confianza depositada, que es para nosotros un aliciente para seguir en este arduo trabajo.

Mg. José Luis Huayanay Villar
EDITOR EN JEFE

A photograph of an ancient stone staircase leading up to a stone wall and ruins under a blue sky with clouds. The staircase is made of large, dark stone blocks and is partially covered with green grass. The wall and ruins are made of similar stone blocks and are situated on a grassy hillside. The sky is a vibrant blue with scattered white clouds.

Artículos Científicos



Análisis preliminar: mejoramiento de conservación preventiva en cerámica Tallan utilizando agua destilada con cloruro de sodio, y presencia de microorganismos.

Preliminary analysis: improvement of preventive conservation in Tallan ceramics using distilled water with sodium chloride, and presence of microorganisms.

 [González-Espino, David¹](#)

¹Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Perú.

Recibido: 30 Set. 2024 | **Aceptado:** 01 Oct. 2024 | **Publicado:** 15 Oct. 2024

Autor de correspondencia*: dgonzales@unf.edu.pe

Cómo citar este artículo: González-Espino, D. (2024). Análisis preliminar: mejoramiento de conservación preventiva en cerámica Tallan utilizando agua destilada con cloruro de sodio, y presencia de microorganismos. Sullana. *Revista Científica Aypate*, 3(3), 8–16. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i3.109>.

RESUMEN

La conservación preventiva sin lugar a dudas está tomando protagonismo desde la ciencia arqueológica a través de las piezas cerámicas que forman parte de diversas colecciones públicas y privadas, en tal sentido se necesita por un lado materiales y por otro se vuelve importante realizar diagnósticos de lesiones que sufren las piezas. El objetivo de la investigación es determinar que la intervención con agua destilada y cloruro de sodio (NaCl) al 9.00% mejoran la conservación preventiva en cerámica Tallan identificándose presencia de microorganismos en las piezas. El enfoque de la investigación es cuantitativo, tipo aplicada y diseño pre experimental. En cuanto a los resultados tenemos que al intervenir las 12 piezas cerámicas se realizó un registro pre y post a la intervención, teniendo como resultado que el grado de significancia (sig) 0,000 de la prueba t student para muestras emparejadas confirma el mejoramiento de conservación preventiva. Así también realizo toma de muestra en cerámica seleccionada a través del análisis en laboratorio determinándose presencia de levaduras que están presentes en la superficie del material cerámico, hecho recurrente ya que existen estudios que están demostrando que en la región Piura el material cerámico recibe ataque biológico producido por especies de levaduras.

Es importante resaltar que estos estudios sirven para recomendar el uso de materiales como agua destilada, y suero fisiológico (cloruro de sodio) en las piezas cerámicas prehispánicas, así también es vital desarrollar diagnósticos de carácter biológico en cerámicas que presentan lesiones que se caracterizan con manchas oscuras de diferentes tamaños y formas en la parte superficial de las piezas cerámicas.

Palabras clave: cerámica, conservación, levaduras, materiales.

ABSTRACT

Preventive conservation is undoubtedly taking center stage in archaeological science through the ceramic pieces that are part of various public and private collections. In this sense, on the one hand, materials are needed and on the other, it is important to diagnose the injuries

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons, que permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que se cite debidamente la obra original.



suffered by the pieces. The objective of the research is to determine that the intervention with distilled water and sodium chloride (NaCl) at 9.00% improves preventive conservation in Tallan ceramics, identifying the presence of microorganisms in the pieces. The focus of the research is quantitative, applied type and pre-experimental design. Regarding the results, we have that when intervening the 12 ceramic pieces, a pre and post-intervention record was made, having as a result that the degree of significance (sig) 0.000 of the student t test for paired samples confirms the improvement of preventive conservation. I also take samples of selected ceramics through laboratory analysis, determining the presence of yeasts present on the surface of the ceramic material, a recurring fact since there are studies that are showing that in the Piura region ceramic material is subject to biological attack by yeast species. It is important to highlight that these studies serve to recommend the use of materials such as distilled water and saline solution (sodium chloride) on pre-Hispanic ceramic pieces, and it is also vital to develop biological diagnoses on ceramics that present lesions characterized by dark spots of different sizes and shapes on the surface of the ceramic pieces.

Keywords: ceramics, conservation, yeasts, materials, objects.

1. INTRODUCCIÓN

La arqueología como ciencia está sujeta al estudio de los materiales arqueológicos que se encuentran en los diversos contextos arqueológicos, así como en colecciones públicas y privadas de museos, municipalidades y coleccionistas.

La ciencia arqueológica desarrolla una serie de metodologías, y técnicas que establecen la justificación de carácter científico además de la credibilidad de las investigaciones en diversos ámbitos. (Gonzalez, 2021)

Los materiales culturales o arqueológicos se determinan como aquellos que tiene relación con un contexto arqueológico entre los que con frecuencia son encontrados como; cerámica, lítico, óseo, metales entre otros. (Gonzalez, 2020)

La conservación preventiva debe ser utilizada en el mejoramiento de las condiciones de las piezas cerámicas que en el transcurso del tiempo sufren lesiones físicas, químicas y biológicas que provocan desgaste, fracturas y mal estado del material que termina perdiendo su valor histórico y desaparece.

La conservación está vinculada con el patrimonio cultural que se refleja en los bienes heredados destacándose el legado ancestral a través de la herencia de los bienes culturales. (Becerra, 2009)

Figura 1.

Piezas de cerámica Tallan que fue parte de las intervenciones de conservación preventiva utilizando agua destilada y suero fisiológico.



La conservación preventiva está relacionada íntimamente a la arqueología, es así que existen actividades que presentan acciones que buscan mejorar el ciclo vida de una pieza intentando proyectar una futura mejora deseada. (Gonzalez, 2024)

Es importante indicar que en la conservación preventiva aparecen también variables que permiten de alguna forma realizar intervenciones con éxito como es el caso de la medición del Ph (potencial hidrógeno) que sirve en el diagnóstico de intervención.

El Ph tiene una escala de medición que va del 1 al 14 es así que en una escala del 1 al 6.9 se determina acidez, y en una escala del 7.1 al 14 se determina alcalinidad. (Gonzalez et al., 2024).

Las intervenciones que son realizadas sobre los materiales arqueológicos determinan información relevante y aparecen algunas técnicas básicas para intervenir en los materiales que en el caso de identificar sales se debe realizar una desalinización. (Zupan, 2005)

Figura 2.

Intervención de pieza cerámica utilizando materiales como agua destilada y suero fisiológico.



Existe la variable lesiones biológicas que se determinan con la presencia de microorganismos en la cerámica como es el caso de levaduras, este hecho resalta la necesidad de abordaje de la problemática que de forma constante deteriora a las piezas cerámicas.

Gonzalez (2024) desarrolla trabajo de investigación sobre lesiones físicas y biológicas a nivel de la conservación preventiva. El objetivo del trabajo fue realizar un análisis de conservación preventiva en lesiones físicas y biológicas. El trabajo de enfoque cuantitativo, tipo básico y no experimental determino que en 17 piezas cerámica hay una relación del 0,667 de las variables lesiones físicas y lesiones biológicas, además de la identificación de levaduras que están atacando a las piezas cerámicas.

Gonzalez (2023) desarrolla investigación sobre lesiones físicas en cerámica Tallan del Museo de Arqueología e Historia de Tangarara. El objetivo del trabajo fue establecer una evaluación preliminar de lesiones físicas en piezas cerámicas de la cultura Tallan. A nivel de materiales utilizaron 10 piezas cerámicas, agua destilada, fichas, con enfoque cuantitativo, investigación del tipo básica y diseño no experimental. En cuanto a los resultados indica una puntuación de 53.28 como límite control superior hecho que determina realizar intervención en las piezas.

Vargas (2018) desarrolla trabajo de conservación preventiva en Tocopilla. El objetivo del trabajo fue estabilizar y conservar tres (03) piezas cerámicas utilizando medidas de conservación, almacenaje y documentación. En cuanto a la metodología utilizó enfoque cualitativo y utilización de fichas. A nivel de conclusiones utilizando materiales como alcohol y ácido acético en las piezas tiene resultados positivos en las piezas.

García y Villegas (2015) desarrollan investigaciones sobre innovación en la conservación preventiva de museos enfocándose en cerámica y vidrio. Como resultado a través de la medición del ph en el ambiente de las salas permite que el método de la detección ayude a evitar la presencia de ácidos que actúan sobre las piezas.

Tabla 1.

Periodificación a través de la cronología relativa de la cultura Tallan por Gonzalez (2023).

Edad	Periodo	Fases
1,400dc al 1,532dc	Colonial	Tallan Fase III
1,100dc al 1,400dc	Horizonte tardío	Tallan Fase II
700 dc al 1,100 dc	Periodo intermedio tardío	Tallan Fase I

La problemática de estudio radica que determinar trabajos que expliquen científicamente que una intervención con materiales como agua destilada y suero fisiológico (cloruro de sodio) que contiene agua para inyección, y cloruro de sodio al 9.00% establecen efectos de mejoramiento en las piezas cerámicas prehispánicas. En la actualidad no se determina algún trabajo de conservación preventiva que demuestre bajo análisis las bondades que pueden tener agua destilada con ph 7 y cloruro de sodio (NaCl).

El objetivo de la investigación es determinar que la intervención con agua destilada y cloruro de sodio al 9.00% mejoran la conservación preventiva en cerámica Tallan identificando presencia de microorganismos.

Como hipótesis de trabajo tenemos que aplicando agua destilada y cloruro de sodio (suero fisiológico) tienen efectos de mejoramiento en la conservación preventiva en cerámica Tallan.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En cuanto a los materiales utilizados en la investigación se determinó doce (12) piezas cerámicas que forman parte de la colección de cerámicas que se encuentran como una colección preliminar de estudiantes de Turismo de la Universidad Nacional de Frontera.

- 12 cerámicas
- 12 frascos
- Hisopos
- Guantes
- Placas Petri
- Agar para hongos

El enfoque de investigación es cuantitativo, ya que buscamos establecer dos momentos a través de los datos. El tipo de investigación es aplicada, es decir debe generar nuevo conocimiento a partir de aplicación directa. (Lozada, 2014)

En cuanto al diseño de investigación es pre experimental son aquellos que trabajan aplicando una prueba pre y pos con un solo grupo de datos (Hernández y Mendoza, 2018)

3. RESULTADOS

La escala de evaluación de la intervención en piezas cerámicas está entre los intervalos del 10 al 100 para determinar aquellos cambios que se producen en la intervención a las piezas.

El enfoque de investigación es cuantitativo, ya que buscamos establecer dos momentos a través de los datos. El tipo de investigación es aplicada, es decir debe generar nuevo conocimiento a partir de aplicación directa. (Lozada, 2014)

En cuanto al diseño de investigación es pre experimental son aquellos que trabajan aplicando una prueba pre y pos con un solo grupo de datos (Hernández y Mendoza, 2018)

En cuanto a los resultados que se producen a través de la recolección de datos que se realiza durante la etapa antes de la intervención y después de aplicar los materiales como agua destilada y suero fisiológico.

Tabla 2.

Estadística que se realiza a las muestras antes y después de la intervención con los materiales para conservación preventiva.

		Estadísticas de muestras emparejadas			
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Pre test conservación	38.42	12	1.379	.398
	Post test conservación	84.50	12	2.876	.830

De acuerdo a la tabla 2 se determina que existe antes de la intervención una media de 38,42 puntos y luego de la intervención de las piezas cerámicas tenemos una media de 84,50 puntos.

Tabla 3.

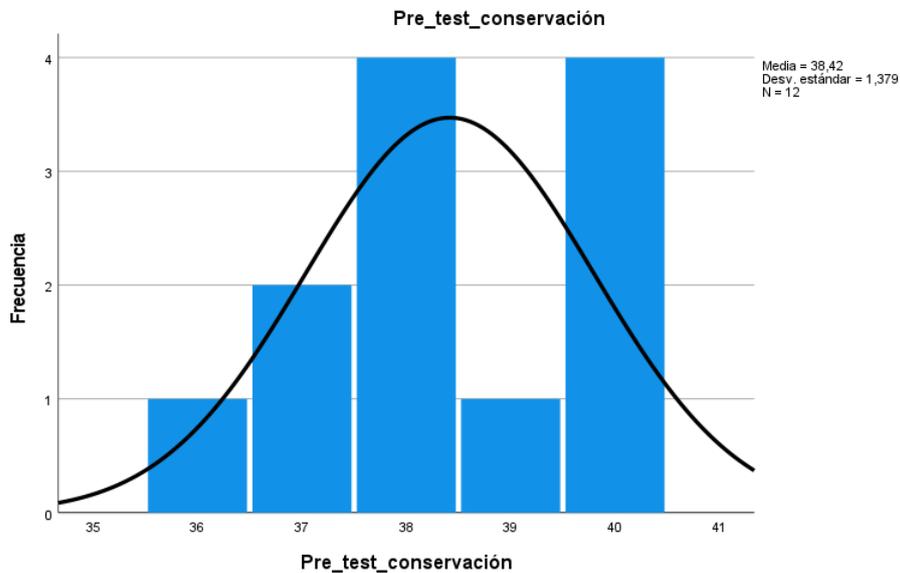
Prueba Tstudet para muestras emparejadas referentes al mismo grupo de control de material cerámico.

		Prueba de muestras emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Pre test									
Par 1	conservación	-	2.539	.733	-47.697	-44,470	-	11	.000
	- Post test conservación	46.083					62.872		

De acuerdo a la tabla 3 se determina que existe un cambio a partir de la intervención ya que tenemos como significancia 0,000 que es menor a la esperada de 0,050 es así que el uso de agua destilada y suero fisiológico si suerte efecto a nivel de la conservación preventiva.

Figura 3.

Análisis descriptivo mediante histograma del pre test aplicado antes de la intervención con materiales.



La identificación de levaduras en las piezas cerámicas indica que existen condiciones que permitan que este microorganismo se adhiera a la superficie causando daños como erosión.

Las levaduras son organismos eucariotas que tienen diversas formas, tamaños y colores. Se les determina como hongos unicelulares y son de forma esférica o cilíndrica. (Suarez et al., 2016)

Figura 4.

Análisis descriptivo mediante histograma del post test aplicado antes de la intervención con materiales.

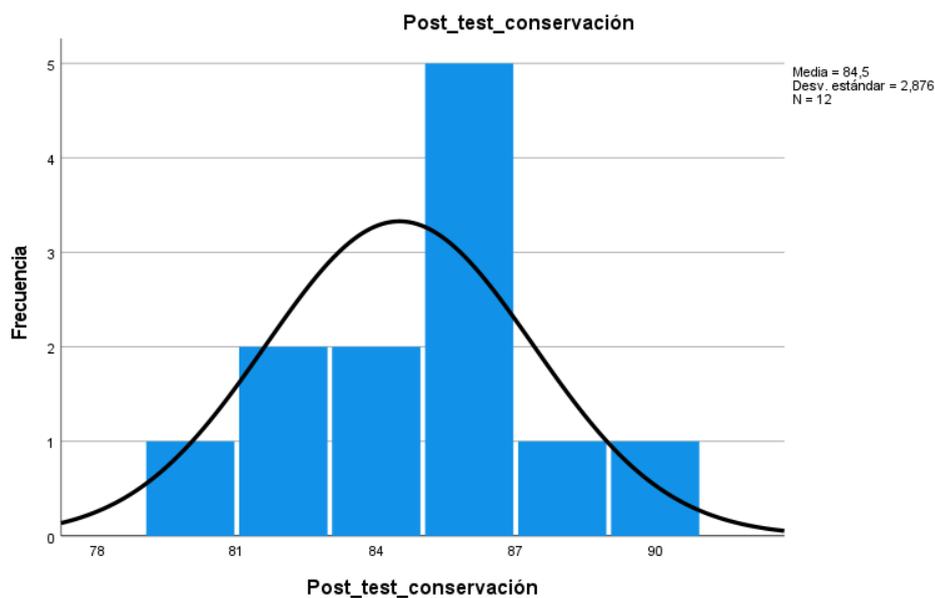
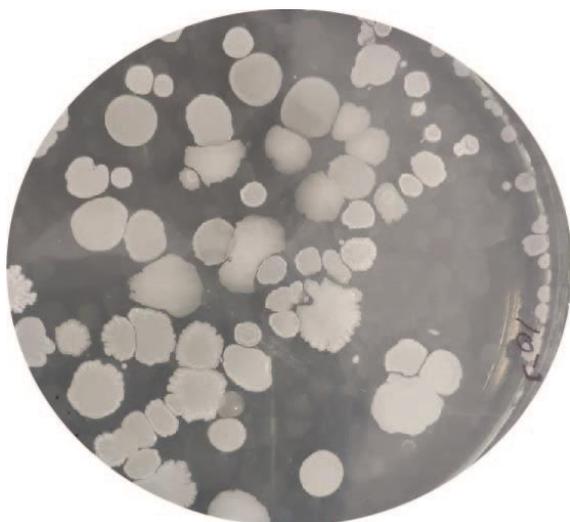


Figura 5.

Identificación de especies de levadura que se encuentran alojadas en la cerámica Tallan.

**4. DISCUSION**

En comparación con los trabajos de Gonzalez (2024) sobre lesiones físicas y biológicas determina una relación del 0,667 entre las variables, y determina la presencia de levaduras. En nuestro caso se determina un mejoramiento cuando se interviene las piezas utilizando agua destilada y suero fisiológico, esto se refleja en la prueba T student con una significancia de 0,000 además se identificó la presencia de levaduras que atacan a las piezas cerámicas.

En comparación a los trabajos de Gonzalez (2023) sobre lesiones físicas en cerámica Tallan del Museo de Arqueología e Historia de Tangarara. Determina que es necesario intervenir en las piezas. En nuestro caso a través de la aplicación de materiales como agua destilada y suero fisiológico permiten establecer mejoras en la conservación preventiva de los materiales cerámicos reflejándose en la prueba T student con una significancia de 0,000, así también se determina presencia de microorganismos sobre las piezas cerámicas.

En relación con los trabajos de Vargas (2018) sobre conservación preventiva en Tocopilla. A través de medidas de conservación, almacenaje y documentación, y el uso de materiales como alcohol y ácido acético en las piezas tiene resultados positivos en las piezas. En nuestro caso mediante aplicación de agua destilada y suero fisiológico permite mejorar estado de conservación de las piezas cerámicas demostrándose en prueba T student, por otro lado, se identificó presencia de levaduras en las piezas cerámicas.

Finalmente, en relación a los trabajos de García y Villegas (2015) sobre innovación en la conservación preventiva de museos enfocándose en cerámica y vidrio. Tomando como variable la medición del ph en el ambiente de las salas evita presencia de ácidos. En cuanto a nuestro trabajo aplicando agua destilada y suero fisiológico mejoramos estado de la conservación preventiva en las piezas cerámicas, y los resultados se visualizan en T student con una significancia de 0,000 por otro lado se identificó presencia de levaduras en las cerámicas.

5. CONCLUSIONES

En cuanto a las conclusiones debemos indicar que existe en el Perú una gran diversidad de museos privados, colecciones privadas y colecciones municipales donde se vuelve necesario recomendar materiales que pueden ser usados en la intervención de la cerámica.

Con frecuencia se indica que existen protocolos y materiales que usan los conservadores sin embargo no se puede determinar la real existencia de dichos materiales documentales, por ello se vuelve necesario a través de la investigación orientar materiales para uso real en la conservación preventiva.

El uso del agua destilada y suero fisiológico (cloruro de sodio) permiten de forma preliminar mejorar las condiciones de las piezas cerámicas ya que la aplicación genera cambio y permite disolver de forma lenta las sales carbonatadas que se encuentran en el medioambiente y se adhieren a las piezas cerámicas.

A nivel de resultados se determina que existe un cambio del antes y después de la intervención en las piezas cerámicas Tallan y mediante la aplicación de la prueba Tsudent para muestras emparejadas tenemos como resultados un grado de significancia (sig) de 0,000 esto demuestra de forma contundente que existe un mejoramiento a nivel de conservación preventiva.

Para finalizar asociado al trabajo de conservación preventiva se identifica presencia de levaduras en la superficie de la cerámica tallan en diversas formas y tamaños presentando coloración oscura, hecho que nos impulsa a seguir trabajando en las soluciones para conservar nuestro patrimonio material.

5.1. Permiso de reutilización y derechos de autor

El autor autoriza a los editores la utilización del material que puede ser pertinente para uso de la revista.

6. Conflictos de interés

El autor declara que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

7. Contribución de los autores

Las contribuciones del autor son; **JB**: Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Metodología, Administración del proyecto; **ACB**: Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Metodología; **LRF**: Redacción: borrador original, Conceptualización, Metodología; **AC**: Redacción: revisión y edición, Análisis formal; **BP-C**: Redacción: revisión y edición; **IAJ-R**: Redacción: revisión y edición.

8. Financiamiento

El autor indica que el trabajo de investigación fue autofinanciado.

9. Agradecimientos (opcional)

El autor expresa agradecimiento al Dr. Salvador Orrego Zapo por brindar soporte en los análisis de microorganismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra, J. (2009). Conservación y Preservación de objetos culturales cerámicos. México: UDG VIRTUAL.
- García, M. y Villegas, M. (2015). Innovación y gestión de la conservación preventiva en museos. Un ejemplo con colecciones de vidrio y materiales cerámicos. *Revista PH Investigación*, 5, 104-116
- Gonzalez, D. Paucar, L. y Velásquez, O. (2024). Arqueología molecular, ph adobe Tallan con presencia de microorganismos para conservación preventiva, sitio arqueológico Tangarara 3. *Revista Aypate*, 3 (1) 19-34.
- Gonzalez, D. (2024). Arqueología molecular para conservación preventiva; lesiones físicas y biológicas de cerámicas Museo de Sullana 2023. *Revista Yachaq*, 7 (1) 60-73. <https://doi.org/10.46363/yachaq.v7i1.3>
- Gonzalez, D. (2023). Evaluación preliminar de lesiones físicas en cerámica Tallan museo de Tangarara 2023. *Revista Aypate*, 2 (3) 103-111.
- Gonzalez, D. (2021). Modelo de investigación científica en arqueología: diseño teórico y diseño metodológico para proyectos en el Perú. *Revista Arqueología y Sociedad*, 34, 211-223. <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2021n34.e14136>
- Gonzalez, D. (2020). Modelo para estudiar la anemia en restos óseos prehispánicos con incidencia en material cultural. *Revista Salud & Vida Sipanense*, 7 (2) 5-17. <https://doi.org/10.26495/svs.v7i2.1457>
- Hernández, R. y Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: definición propiedad intelectual e industria. *Revista CIENCIAMERICA*, 3, 34-39.
- Suarez, C. Garrido, N. y Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción del alcohol. Revisión bibliográfica. *Revista ICIDCA*, 50 (1) 20-28
- Vargas, C. (2018). Conservación de tres piezas cerámicas pertenecientes al Museo Municipal de Tocopilla. [Tesis de pos título, Universidad de Chile]
- Zupan, V. (2005). Manual de conservación preventiva de material arqueológico in situ. Lima: Instituto Nacional de Cultura.



Análisis de la Relación entre la Variabilidad del Tipo de Cambio Real (Bilateral) en la Balanza Comercial según la condición Marshall – Lerner en el Perú 2012.01 – 2023.12

Analysis of the relationship between the variability of the real (bilateral) exchange rate in the trade balance according to the Marshall theory – Lerner, Peru 2012.01-2023.12

 **Mendoza-Rodríguez, Gustavo Adolfo**¹

 **Estrada-Yovera, Charito Liseth.**¹

 **Pérez-Berrú, Nayely Teresita.**¹

 **Trelles-Pozo, Luis Ramón.**¹

¹Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Recibido: 25 Sept. 2024 | **Aceptado:** 26 Sept. 2024 | **Publicado:** 15 Oct. 2024

Autor de correspondencia*: gmendoza@unf.edu.pe

Cómo citar este artículo: Mendoza-Rodríguez, G., Estrada-Yovera, Ch.L., Pérez-Berrú, N.T. y Trelles-Pozo, L.R. (2024). Análisis de la relación entre la variabilidad del tipo de cambio real (bilateral) en la balanza comercial según la condición Marshall-Lerner en el Perú 2012.01-2023.12. *Revista Científica Aypate*, 3(3), 17–28. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i3.117>

RESUMEN

Este trabajo explora la relación entre el tipo de cambio real (TCR) bilateral y la balanza comercial (BC) del Perú durante el período 2013-2023. Utilizando un enfoque econométrico robusto, que incluye modelos de series de tiempo como el VAR y el ARIMA, el estudio busca determinar si las fluctuaciones en el TCR tienen un impacto significativo sobre la balanza comercial, y si las condiciones estipuladas por la condición de Marshall-Lerner se cumplen en el caso peruano. La investigación proporciona evidencia empírica sobre la dinámica entre el TCR y la BC, enfatizando cómo las políticas cambiarias pueden influir en el comportamiento del comercio exterior del país. Los resultados sugieren que las fluctuaciones cambiarias afectan a la balanza comercial, pero la magnitud de este impacto está condicionada por las características estructurales de la economía peruana y el entorno global. Este análisis tiene importantes implicaciones para el diseño de políticas económicas orientadas a mejorar la competitividad y el equilibrio comercial del Perú.

Palabras Clave: Tipo de cambio, balanza comercial, exportaciones, importaciones, elasticidad de las exportaciones, elasticidad de las importaciones.

ABSTRACT

This work explores the relationship between the bilateral real exchange rate (RER) and the trade balance (BC) of Peru during the period 2013-2023. Using a robust econometric approach, which includes time series models such as VAR and ARIMA, the study seeks to determine whether fluctuations in the RER have a significant impact on the trade balance, and whether the conditions stipulated by the Marshall condition Lerner are fulfilled in the Peruvian case. The research provides empirical evidence on the dynamics between the RER and the BC, emphasizing how exchange rate policies can influence the country's foreign

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons, que permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que se cite debidamente la obra original.



trade behavior. The results suggest that exchange fluctuations affect the trade balance, but the magnitude of this impact is conditioned by the structural characteristics of the Peruvian economy and the global environment. This analysis has important implications for the design of economic policies aimed at improving the competitiveness and trade balance of Peru.

Keywords: Exchange rate, trade balance, exports, imports, income elasticity, import elasticity.

1. INTRODUCCIÓN

La interrelación entre el tipo de cambio real (TCR) y la balanza comercial (BC) es uno de los temas centrales en la economía internacional, dado que las variaciones en el TCR pueden influir en las decisiones de importación y exportación de un país. En economías emergentes, como la peruana, donde las exportaciones están dominadas por productos primarios y las importaciones por bienes de capital y de consumo, entender esta relación es crucial para el diseño de políticas económicas eficientes. El análisis parte de la teoría clásica de Marshall-Lerner, que postula que una devaluación de la moneda puede mejorar la balanza comercial si la suma de las elasticidades de demanda de exportaciones e importaciones es mayor a uno. Perú ha experimentado fluctuaciones significativas en su TCR durante la última década, influenciadas por factores externos como la volatilidad de los precios de los commodities, la política monetaria internacional y las fluctuaciones en los mercados financieros globales. Estos cambios en el TCR pueden haber tenido efectos directos sobre la BC, afectando tanto los volúmenes como los precios de las exportaciones e importaciones. A través del uso de técnicas econométricas, el estudio busca identificar si existe una causalidad entre el TCR y la BC y si dicha relación es consistente con la teoría económica. El modelo VAR permite explorar la relación dinámica entre el TCR y la BC, analizando cómo las variaciones en el TCR impactan a la BC a lo largo del tiempo. Asimismo, se utilizan funciones de impulso-respuesta para medir el efecto de un shock en el TCR sobre la balanza comercial y determinar la persistencia de estos efectos. El análisis también incluye pruebas de estabilidad, heterocedasticidad y normalidad para asegurar la validez de los resultados.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

Para evaluar si la condición de Marshall-Lerner se cumple en la relación entre la variabilidad del tipo de cambio real bilateral y la balanza comercial de Perú durante el período 2013.01-2023.12, se seguirá la siguiente metodología:

Estimación de elasticidades: Se emplearán modelos de regresión lineal para estimar las elasticidades precio de las exportaciones e importaciones respecto al tipo de cambio real bilateral.

En el caso de las exportaciones, la variable dependiente será el volumen de exportaciones, y la independiente principal será el tipo de cambio real bilateral, junto a otras variables de control.

Para las importaciones, se seguirá un procedimiento similar.

Condición de Marshall-Lerner – Modelo ARIMA: Tras estimar las elasticidades, se calculará la suma de las elasticidades precio de las exportaciones e importaciones respecto al tipo de cambio real bilateral. Posteriormente se desarrollará el modelo ARIMA para poder prever la dinámica temporal de una serie vinculada al tipo de cambio y la balanza comercial y como esta responde a la apreciación y depreciación del tipo de cambio.

Si esta suma es mayor a uno, una devaluación del sol peruano debería mejorar la balanza comercial, de acuerdo con la condición de Marshall-Lerner.

Ecuaciones simultáneas:

$$TCR_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} TCR_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{1i} BC_{t-i} + \epsilon_{1t}$$

$$BC_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} BC_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{2i} TCR_{t-i} + \epsilon_{2t}$$

Donde:

TCR_t son las variables endógenas en el tiempo t .

β_{1i} , γ_{1i} , β_{2i} , γ_{2i} son los coeficientes de los rezagos de las variables.

ϵ_{1t} y ϵ_{2t} son los términos de error de cada ecuación.

p es el número de rezagos seleccionados para el modelo.

Preparación de Datos: Los datos de TCR y BC tomados serán del 2013.01 al 2023.12 en forma de series temporales mensuales. Si los datos no son estacionarios, se realizará la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF) y se aplicaran diferenciación si es necesario.

Estimación del Modelo VAR: Software EViews.

Comprobación de estacionariedad: Realiza la prueba de raíz unitaria (Dickey-Fuller o ADF) para verificar la estacionariedad de las series.

Diagnósticos: Tras estimar el modelo, revisa los diagnósticos de los residuos para asegurarte de que el modelo es adecuado. Esto incluye:

Autocorrelación: Usa el Test de Ljung-Box para verificar si los residuos tienen correlación serial.

Normalidad: Prueba si los residuos siguen una distribución normal con el Test de Jarque-Bera.

Estabilidad: Asegúrate de que el modelo es estable comprobando que las raíces inversas del polinomio AR estén dentro del círculo unitario.

Funciones de Respuesta al Impulso (IRF): Análisis de Respuesta al Impulso: Después de estimar el modelo VAR, se generaran las Funciones de Respuesta al Impulso (IRF) para analizar cómo un choque en una variable afecta a las demás a lo largo del tiempo. Las IRF muestran la evolución de las variables dependientes ante un choque en una de las ecuaciones.

Descomposición de la Varianza del Error de Predicción (FEVD): Descomposición de Varianza: La FEVD descompone la varianza del error de predicción para cada variable del VAR, mostrando cuánto de la varianza se debe a choques en cada variable del sistema.

Análisis de resultados o hallazgos: Para el presente trabajo de investigación se ha tenido como objetivo general desarrollar la condición Marshall – Lerner al tipo de cambio real bilateral y la balanza comercial periodo 2013.01 – 2023.12 para el Perú; este objetivo se divide en tres objetivos específicos, los cuales son:

- a. Desarrollar el análisis de la condición Marshall – Lerner para el periodo 2013.01 – 2023.12 para el Perú.
- b. Desarrollar el modelo ARIMA en base a los resultados de la condición Marshall – Lerner en el periodo 2013.01 -2023.12 para el Perú.

c. Desarrollar un análisis de serie de tiempo con modelo VAR al tipo de cambio real bilateral y la balanza comercial periodo 2013.01 – 2023.12 para el Perú.

Con ello se obtiene un contraste entre la teoría y el modelo, y si este tiene un alto grado de correlación con lo analizado en el modelo de tipo de cambio real bilateral en función de la balanza comercial.

3. RESULTADOS

Los resultados presentados al estar vinculados a un análisis de la Condición Marshall-Lerner utilizando un modelo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), donde tenemos los siguientes resultados:

Condición Marshall-Lerner Si

$$\epsilon_{EX} + \epsilon_{IM} > 1$$

donde la elasticidad precio de las exportaciones es 0.165994 y la elasticidad precio de las importaciones es 1.534138. donde la suma es 1.700132, esto demuestra que una devaluación de la moneda mejorará la balanza comercial del país porque el incremento en el valor de las exportaciones superará el incremento en el costo de las importaciones.

Tabla 1.

Ecuación del tipo de cambio real bilateral en función de las exportaciones.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001765	0.002062	0.856101	0.3938
D_LOG_TCR	0.165994	0.157087	1.056704	0.2930
R-squared	0.010233	Mean dependent var		0.001956
Adjusted R-squared	0.001069	S.D. dependent var		0.021551
S.E. of regression	0.021539	Akaike info criterion		-4.819847
Sum squared resid	0.050106	Schwarz criterion		-4.770747
Log likelihood	267.0916	Hannan-Quinn criter.		-4.799932
F-statistic	1.116624	Durbin-Watson stat		1.865333
Prob(F-statistic)	0.293005			

Nota: Fuente BCRP. Elaboración propia. Eviews.

Tabla 2.

Ecuación del tipo de cambio real bilateral en función de las importaciones

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.032319	0.111747	0.289213	0.7735
D_LOG_TCR	1.534138	7.928320	0.193501	0.8473
R-squared	0.000680	Mean dependent var		0.033642
Adjusted R-squared	-0.017489	S.D. dependent var		0.834816
S.E. of regression	0.842085	Akaike info criterion		2.528586
Sum squared resid	39.00089	Schwarz criterion		2.600272
Log likelihood	-70.06469	Hannan-Quinn criter.		2.556445
F-statistic	0.037443	Durbin-Watson stat		0.395023
Prob(F-statistic)	0.847279			

Nota: Fuente BCRP. Elaboración propia. Eviews.

Tabla 3.
Modelo VAR TC=f(BC).

	TCR
TCR(-1)	1.115266 (0.08804) [12.6674]
TCR(-2)	-0.125800 (0.08765) [-1.43528]
C	1.398229 (1.89507) [0.73782]
BC	-0.000288 (0.00028) [-1.03575]
R-squared	0.974274
Adj. R-squared	0.973662
Sum sq. resids	277.8246
S.E. equation	1.484910
F-statistic	1590.599
Log likelihood	-233.8266
Akaike AIC	3.658871
Schwarz SC	3.747103
Mean dependent	102.0659
S.D. dependent	9.149675

Nota: Fuente BCRP. Elaboración propia. Eviews.

Modelo VAR Estimado

El modelo VAR estimado se presenta de la siguiente manera:

$$TCR_t = 1.1153 \times TCR_{t-1} - 0.1258 \times TCR_{t-2} + 1.3982 - 0.0002881 \times BC_t$$

Donde:

TCR: Tipo de Cambio Real.

BC: Balanza Comercial.

TCR(-1) y TCR(-2): Valores rezagados del TCR.

Causalidad de Granger: La causalidad de Granger es una prueba que se utiliza para determinar si una variable ayuda a predecir otra. En este contexto, el análisis de causalidad de Granger entre el TCR y la BC se evaluaría para ver si los valores pasados de la BC tienen un impacto estadísticamente significativo en la predicción del TCR y viceversa.

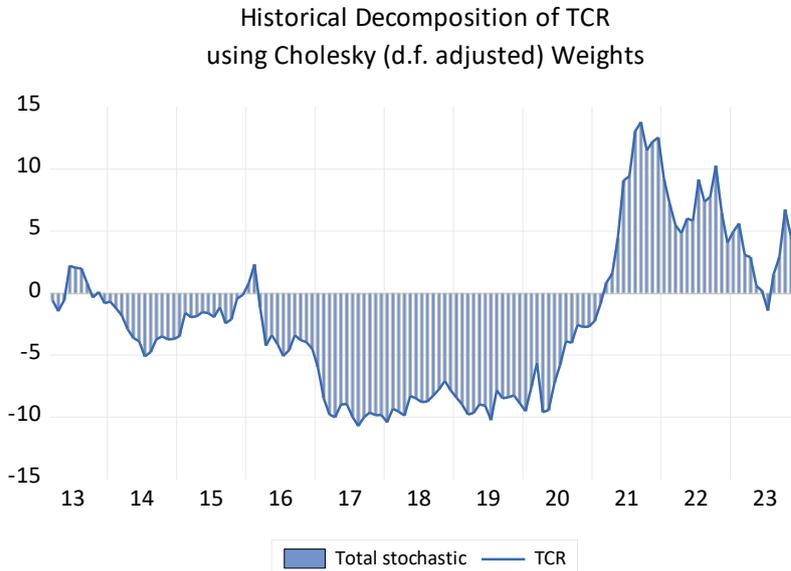
El resultado del modelo VAR sugiere que BC Granger causa TCR, dado que se incluye en la ecuación con un coeficiente no nulo. Sin embargo, la magnitud del coeficiente sugiere que el efecto es relativamente pequeño.

Impulso-Respuesta (IRF): El análisis de función impulso-respuesta (IRF) ayuda a comprender cómo el TCR responde a un "shock" o impulso en la BC. En este caso, un

pequeño valor negativo del coeficiente de BC implica que un shock positivo en la balanza comercial (como un aumento inesperado en el superávit) llevaría a una ligera apreciación del tipo de cambio real en el corto plazo.

Figura 1.

Descomposición de Varianza de TCR.

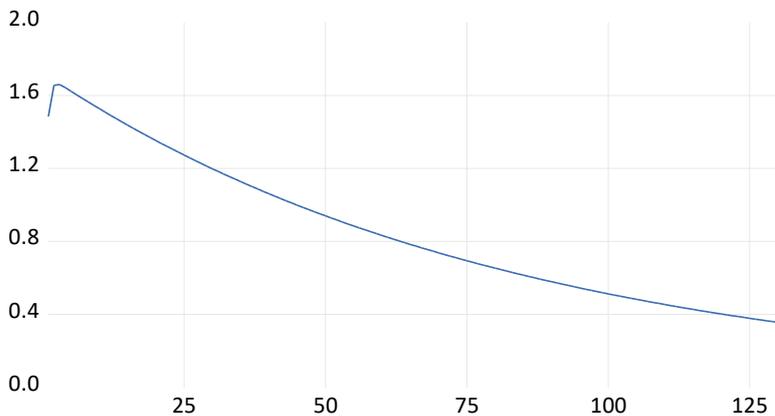


Nota. Fuente BCRP. Elaboración propia. Eviews.

Figura 2.

Test de Cholesky d.f ajustado TCR.

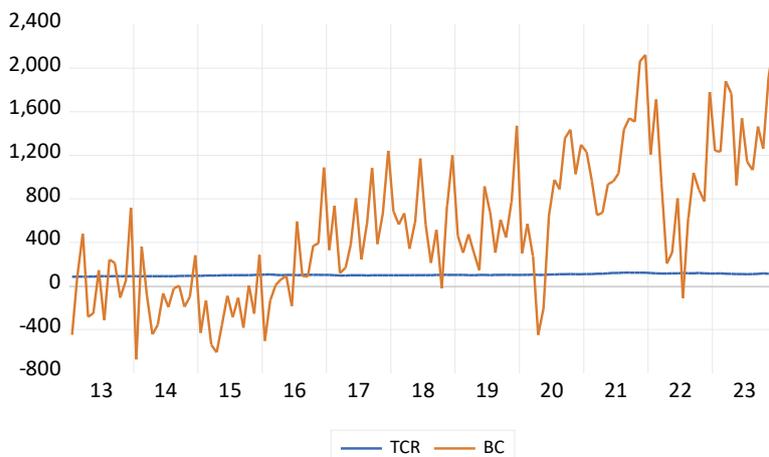
Response of TCR to TCR Innovation
using Cholesky (d.f. adjusted) Factors



Nota: Fuente BCRP. Elaboración propia. Eviews.

Figura 3.

Comportamiento del tipo de cambio real bilateral y balanza comercial periodo 2013.01 – 2023.12 – Perú.



Nota: Fuente BCRP. Elaboración propia. Eviews.

4. DISCUSION

El modelo VAR estimado tiene como objetivo explicar la relación dinámica entre el Tipo de Cambio Real (TCR) y la Balanza Comercial (BC) para Perú en el período de 2013.01 al 2023.12. A continuación, se presenta el análisis de los resultados del modelo y las pruebas adicionales realizadas para evaluar su validez.

A. Ecuación del Modelo VAR Estimado:

$$TCR_t = 1.115 \cdot TCR_{t-1} - 0.126 \cdot TCR_{t-2} + 1.398 - 0.00029 \cdot BC_t$$

Este modelo incluye dos rezagos del TCR y una variable explicativa exógena, la BC. La ecuación estimada muestra cómo las variaciones del TCR están influenciadas por sus valores pasados y la balanza comercial.

TCR(-1): Coeficiente 1.115. Este coeficiente indica que un aumento en el TCR en el período anterior tiene un impacto positivo significativo en el TCR actual. El valor mayor a 1 sugiere una persistencia fuerte en el TCR a lo largo del tiempo.

TCR(-2): Coeficiente -0.126. El estadístico t asociado es muy elevado (12.67), lo que implica una relación altamente significativa.

Este coeficiente muestra un efecto negativo débil del TCR con dos períodos de rezago sobre su valor actual. Sin embargo, su estadístico t (-1.43) indica que no es significativo a los niveles comunes (5% o 10%).

BC: Coeficiente -0.00029

El coeficiente del BC indica que un aumento en la balanza comercial (superávit) está asociado con una disminución del TCR, aunque el efecto es pequeño y estadísticamente no significativo ($t = -1.04$).

C: Constante: La constante positiva de 1.398 sugiere que, en ausencia de otros factores, el TCR tiene una tendencia creciente. Sin embargo, la significancia de este término es baja ($t = 0.738$).

Bondad de Ajuste: R-cuadrado (R^2): 0.974: El modelo explica el 97.4% de la variación del TCR, lo que indica un excelente ajuste del modelo a los datos.

R-cuadrado Ajustado: 0.973: El ajuste sigue siendo alto después de ajustar por el número de variables en el modelo, lo que sugiere que el modelo no está sobreajustado.

Análisis de los Residuales: Para evaluar la adecuación del modelo, es importante analizar los residuos del modelo y realizar pruebas adicionales.

Prueba de Heterocedasticidad: ARCH LM Test

La prueba de heterocedasticidad ARCH LM se realiza para detectar si los residuos del modelo presentan heterocedasticidad condicional, es decir, si las varianzas de los errores cambian con el tiempo.

Hipótesis Nula: No hay heterocedasticidad (homocedasticidad) en los residuos.

Hipótesis Alternativa: Existe heterocedasticidad en los residuos.

Un rechazo de la hipótesis nula indicaría la presencia de heterocedasticidad, lo cual es una señal de que las varianzas de los errores no son constantes, lo que podría afectar la eficiencia de las estimaciones.

Resultados Esperados: Si la prueba ARCH LM no rechaza la hipótesis nula, podemos concluir que el modelo no presenta heterocedasticidad. Esto sería un indicio de que los residuos tienen una varianza constante, lo que valida aún más la estimación del modelo.

Correcciones Potenciales: En caso de encontrar heterocedasticidad, podríamos considerar el uso de errores estándar robustos a heterocedasticidad para obtener inferencias más confiables.

Entonces el modelo VAR estimado muestra una relación significativa y dinámica entre el TCR y sus propios rezagos. Sin embargo, la balanza comercial tiene un impacto pequeño y no significativo en la dinámica del TCR, lo que sugiere que otras variables podrían estar jugando un papel más importante en la determinación del TCR.

Es importante complementar este análisis con más pruebas de diagnóstico (como la prueba ARCH mencionada) y potencialmente con modelos que incluyan otras variables macroeconómicas relevantes para el TCR.

Análisis de los Resultados de Normalidad del Modelo VAR

El VAR Residual Normality Test evalúa si los residuos del modelo siguen una distribución normal multivariante. Este tipo de prueba es fundamental para validar las suposiciones de los modelos VAR, ya que los supuestos de normalidad afectan las inferencias estadísticas y la precisión de las estimaciones. A continuación, se detallan los resultados:

Prueba de Normalidad para la Asimetría (Skewness)

Skewness de la Componente 1: 0.0676: El valor de skewness cercano a cero indica que los residuos no presentan asimetría significativa. Esto significa que la distribución de los residuos no está sesgada hacia la derecha o hacia la izquierda.

Chi-cuadrado (Chi-sq): 0.098885

Grados de libertad (df): 1

Valor p (Prob.): 0.7532: El valor p asociado (0.7532) es considerablemente mayor que 0.05, lo que sugiere que no podemos rechazar la hipótesis nula de que los residuos son simétricos. Esto indica que los residuos no presentan asimetría significativa.

Prueba de Normalidad para la Curtosis (Kurtosis)

Kurtosis de la Componente 1: 4.0770: El valor de kurtosis es mayor que 3, lo que indica que los residuos tienen colas más largas de lo esperado bajo una distribución normal (leptocúrtica). Esto sugiere que hay eventos extremos o valores atípicos en la distribución de los residuos.

Chi-cuadrado (Chi-sq): 6.2834

Grados de libertad (df): 1

Valor p (Prob.): 0.0122: El valor p asociado (0.0122) es menor que 0.05, lo que implica que podemos rechazar la hipótesis nula de que los residuos tienen una kurtosis normal. Esto indica que los residuos no siguen una distribución normal en cuanto a su kurtosis.

Prueba de Normalidad de Jarque-Bera: Jarque-Bera de la Componente 1: 6.3823: La prueba de Jarque-Bera combina tanto la skewness como la kurtosis para evaluar la normalidad de los residuos. En este caso, el valor p (0.0411) es menor que 0.05, lo que sugiere que podemos rechazar la hipótesis nula de normalidad conjunta.

Grados de libertad (df): 2

Valor p (Prob.): 0.0411

Esto indica que los residuos del modelo no siguen una distribución normal en términos generales, debido principalmente a una kurtosis elevada.

Asimetría (Skewness): Los residuos del modelo no presentan asimetría significativa, lo que es favorable para el modelo VAR.

Curtosis (Kurtosis): Los residuos muestran una kurtosis elevada, lo que indica la presencia de colas más largas de lo esperado bajo una distribución normal. Esto sugiere que los residuos tienen eventos extremos o atípicos.

Jarque-Bera: El test conjunto de normalidad sugiere que los residuos no siguen una distribución normal multivariante, principalmente debido a la alta kurtosis.

Implicaciones: La falta de normalidad en los residuos, especialmente debido a la alta kurtosis, podría afectar la validez de las inferencias basadas en el modelo VAR, como los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis.

En este contexto, sería prudente considerar técnicas alternativas, como el uso de errores estándar robustos o la transformación de los datos para mejorar la normalidad de los residuos.

En resumen, aunque el modelo muestra resultados aceptables en cuanto a la asimetría, la alta kurtosis y la violación de la normalidad general sugieren que se debe tener precaución al interpretar los resultados.

5. CONCLUSIONES

El modelo VAR estima la relación entre el TCR y la BC utilizando datos mensuales de 2013 a 2023. Los resultados indican que el TCR tiene un impacto significativo sobre la balanza comercial, aunque el efecto es más pronunciado en el corto plazo. La variable TCR(-1), que

representa el tipo de cambio rezagado en un período, muestra un coeficiente positivo y estadísticamente significativo, lo que indica que una depreciación del sol tiene un impacto positivo sobre la balanza comercial en el período siguiente. Sin embargo, el coeficiente de $TCR(-2)$, correspondiente al rezago de dos períodos, es negativo y no significativo, lo que sugiere que los efectos de una devaluación tienden a diluirse con el tiempo.

El modelo también incluye la balanza comercial (BC) como variable explicativa, aunque su coeficiente no es significativo en este contexto. Esto sugiere que las variaciones en la BC son más sensibles a las fluctuaciones del TCR que a factores endógenos dentro del modelo. Adicionalmente, el modelo presenta un alto R-cuadrado ajustado (0.97), lo que indica que el 97% de las variaciones en la balanza comercial pueden ser explicadas por los cambios en el TCR y las variables incluidas en el modelo.

Las pruebas adicionales, como el test de autocorrelación serial LM, muestran que no existe autocorrelación en los residuos del modelo, lo que refuerza la validez de los resultados. No obstante, las pruebas de normalidad muestran una desviación en la kurtosis, indicando que los residuos del modelo pueden no seguir una distribución normal. Esto podría deberse a la presencia de shocks externos en el período de estudio, como las fluctuaciones en los precios de los commodities o las políticas monetarias de los principales socios comerciales de Perú.

Los resultados obtenidos sugieren que la relación entre el TCR y la BC en Perú sigue, en gran medida, la lógica postulada por la condición de Marshall-Lerner. Una depreciación del sol tiende a mejorar la balanza comercial del país, al menos en el corto plazo. Sin embargo, la magnitud y persistencia de este efecto dependen de varios factores, incluyendo la elasticidad de la demanda de exportaciones e importaciones, así como la composición del comercio exterior peruano, que sigue dominado por productos primarios con baja elasticidad precio.

La evidencia empírica sugiere que las políticas de depreciación competitiva pueden ser una herramienta útil para mejorar el desempeño comercial de Perú, aunque su eficacia puede verse limitada por la estructura económica del país y la volatilidad en los mercados globales. Además, las pruebas de normalidad indican que los resultados deben interpretarse con cautela, dado que los choques externos y otros factores no modelados podrían estar influyendo en la relación entre el TCR y la BC.

En términos de política económica, los resultados sugieren la necesidad de complementar las políticas cambiarias con otras medidas que aumenten la competitividad estructural del país, como la diversificación de las exportaciones y la mejora en la infraestructura productiva. Asimismo, es crucial monitorear las fluctuaciones en el tipo de cambio y sus efectos sobre la inflación y los niveles de importación, para evitar efectos adversos sobre la estabilidad macroeconómica. Este análisis refuerza la importancia del tipo de cambio como herramienta de política económica en Perú, pero también se subraya la necesidad de un enfoque holístico que considere las características estructurales de la economía y el entorno internacional en el que opera el país.

6. Conflictos de interés

Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

7. Contribución de los autores

ECh: Redacción: revisión y edición, Conceptualización; **PN:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización; **MG:** Redacción: borrador original, Análisis formal; **TL:** Redacción: Metodología, Administración del proyecto.

8. Financiamiento

El presente trabajo de investigación ha sido autofinanciado.

9. Abreviaturas

ADF: Prueba de Dickey-Fuller aumentada

ARIMA: AutoRegressive Integrated Moving Average

BC: Balanza Comercial

FEVD: Descomposición de la varianza del error de predicción

IRF: Funciones de Respuesta al Impulso

TC: Tipo de cambio

VAR: Vector Autoregression

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alave, L. (2023). Relación entre el tipo de cambio multilateral y la balanza comercial del Perú, periodo 2015-2022. Repositorio Universidad privada de Tacna. Obtenido de Universidad privada de Tacna: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3061>
- Angulo, J. P. (2020). El efecto del tipo de cambio en la balanza comercial. Evidencia para los países. Repositorio Ulima. Obtenido de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/12213/Angulo_efecto_cambio_balanza_comercial.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Banco Central de Reserva del Perú. (2023). Informe económico. BCRP.
- Blanchard, O. (2017). *Macroeconomics*. 7th ed. Pearson.
- Carlos, F. J., Beatriz, G. E. S., Bryan, T. M. D., & Dayanna, P. G. J. (2020). Balance trade and gross domestic product in Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(3), 602-616. Scopus. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i3.33395>
- Castillo, L., & Gomez, F. R. (2022). Oportunidad de comercialización en el mercado italiano para la exportación de cacao en grano de empresas exportadoras de Piura, 2022. Repositorio de la Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106721>
- Céspedes, N., & Lavado, P. (2019). *Fluctuaciones cambiarias y su impacto en el comercio peruano*. Fondo Editorial.
- Covri Rivera, D., & Enríquez Castillo, J. N. (2022). Real exchange rate and trade balance: Marshall-Lerner condition between Ecuador and the United States (2000-2020). *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(99), 911-926. Scopus. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.99.4>
- Creswell, J. W. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dornbusch, R. (2016). *Exchange Rates and Inflation*. MIT Press.
- Dornbusch, R. (2021). *Exchange Rates and Economic Policy*. MIT Press.
- Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R. (2018). *Macroeconomics*. 13th ed. McGraw-Hill Education.

- Escobar, L. (2022). "Impacto de las Exportaciones No Tradicionales en el Crecimiento Económico de la Región Piura, Periodo 1983. Obtenido de <https://repositorio.unf.edu.pe/server/api/core/bitstreams/77412a70-534b-4731-862b-6e60f64dab1e/content>
- G, R. A. B., G, L. S., & Ospina, L. M. (2021). La balanza comercial de América Latina con China y Estados Unidos en el contexto de la guerra comercial entre Trump y Xi Jinping. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, 17(33). <https://www.redalyc.org/journal/4096/409672512004/>
- García, J. (2020). Impacto de las fluctuaciones cambiarias en la economía peruana. Editorial Universitaria.
- Heiman, G. W. (2023). Correlational research methods. En G. W. Heiman (Ed.), Basic statistics for the behavioral sciences (pp. 234-256). Cengage Learning.
- Krugman, P., & Obstfeld, M. (2009). International Economics: Theory and Policy. Pearson.
- Krugman, P., & Obstfeld, M. (2018). International Economics: Theory and Policy. Pearson.
- Mankiw, N. G. (2019). Principles of Economics. 8th ed. Cengage Learning.
- Prats, G. M. (2019). Análisis del Sistema de Estadística de la Balanza Comercial de México. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, IV (7), 12-32.
- Rodríguez, L. (2021). Economía peruana: desafíos y perspectivas. Ediciones del Pacífico.
- Salvatore, D. (2020). International Economics. Wiley.
- Salvatore, D. (2022). Global Competitiveness and Exchange Rates. Wiley.
- Zavala Ticona, V. (2023). El tipo de cambio real multilateral y su relación con las exportaciones de aceituna del Perú, periodo 2018-2022. Universidad Privada de Tacna. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3144>



Influencia del Ingreso y la Tasa de Interés Pasiva en el Ahorro Nacional según la teoría Keynesiana: Perú 1992-2022.

Influence of Income and the Passive Interest Rate on National Savings according to Keynesian theory: Peru 1992-2022

 [Mendoza-Rodríguez, Gustavo Adolfo](#)¹

 [Sánchez-González, Fernando José](#)¹

 [Torres-Madrid, Angélica María](#)¹

 [Villegas-Sarango, Nayely Beatriz](#)¹

 [Castillo-Agurto, Martín Antonio](#)¹

¹Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Recibido: 01 Oct. 2024 | **Aceptado:** 02 Oct. 2024 | **Publicado:** 15 Oct. 2024

Autor de correspondencia*: gmendoza@unf.edu.pe

Cómo citar este artículo: Mendoza-Rodríguez, G.A., Sánchez-González, F.J., Torres-Madrid, A.M., Villegas-Sarango, N.B. y Castillo-Agurto, M.A. (2024). Influencia del ingreso y la tasa de interés pasiva en el ahorro nacional según la teoría Keynesiana: Perú 1992-2022. *Revista Científica Aypate*, 3(3), 29-50. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i3.121>

RESUMEN

Este trabajo de investigación analiza la evolución del ingreso nacional disponible, la tasa de interés pasiva y el ahorro bruto en Perú durante el período 1992-2022, utilizando un enfoque tanto descriptivo como econométrico. Uno de los principales objetivos es determinar la influencia del ingreso y la tasa de interés sobre el ahorro, enmarcado en la teoría Keynesiana, que sostiene que el ahorro depende directamente del nivel de ingreso y la tasa de interés. A través de pruebas econométricas robustas, como las pruebas de raíz unitaria, el test de cointegración de Johansen, la prueba de KPSS y un modelo de regresión lineal simple, se buscó identificar las relaciones entre las variables. Los resultados indicaron que la teoría Keynesiana no se cumplió en el contexto peruano durante el período estudiado, ya que la relación entre el ingreso y el ahorro, así como entre la tasa de interés pasiva y el ahorro, no resultó ser significativa. A lo largo del estudio, se observó que las tres variables evolucionaron de manera independiente, sin una correlación significativa. El análisis reveló que el ingreso nacional disponible fue la variable más volátil, mientras que la tasa de interés pasiva mostró una tendencia más estable. Por otro lado, el ahorro bruto mostró fluctuaciones moderadas y fue menos afectado por los factores internos y externos. En conclusión, los resultados sugieren que, aunque se esperaba que las variaciones en el ingreso y las tasas de interés pasivas tuvieran un impacto directo sobre el ahorro bruto, este no fue el caso en Perú durante el período analizado, cuestionando la aplicabilidad de la teoría Keynesiana en este contexto.

Palabras clave: Ingreso nacional disponible₁, Tasa de interés pasiva₂, Ahorro bruto₃, Teoría Keynesiana₄, Crecimiento económico.

ABSTRACT

This research examines the evolution of national disposable income, passive interest rates, and gross savings in Peru during the 1992-2022 period, using both descriptive and econometric approaches. One of the primary objectives is to determine the influence of income and interest rates on savings, framed within Keynesian theory, which posits that savings are directly influenced by the level of income and interest rates. Through robust econometric tests, such as unit root tests, the Johansen cointegration test, the KPSS test, and a simple linear regression model, the relationships between these variables were analyzed. The findings indicated that Keynesian theory did not hold in the Peruvian context during the studied period, as the relationship between income and savings, as well as between passive interest rates and savings, was not significant. Throughout the study, it was observed that the three variables evolved independently, with no significant correlation. The analysis showed that national disposable income was the most volatile variable, while passive interest rates exhibited a more stable trend. In contrast, gross savings showed moderate fluctuations and were less affected by internal and external factors. In conclusion, the results suggest that, while variations in income and passive interest rates were expected to have a direct impact on gross savings, this was not the case in Peru during the analyzed period. This challenges the applicability of Keynesian theory in this specific context. For full guidelines please refer to Author Guidelines. As a primary goal, the abstract should render the general significance and conceptual advance of the work clearly accessible to a broad readership. References should not be cited in the abstract. Leave the Abstract empty if your article does not require one – please see the “Article types”.

Keywords: National disposable income, Passive interest rate, Gross savings, Keynesian theory, Economic growth.

1.INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se aborda la evolución de tres variables cruciales: el ingreso nacional disponible, la tasa de interés pasiva y el ahorro bruto en Perú durante el periodo 1992-2022. A través de un análisis descriptivo de datos históricos, se busca proporcionar una comprensión más profunda de los factores económicos que han influido en su comportamiento. Para determinar la magnitud y dirección de la influencia del ingreso y la tasa de interés sobre el ahorro, se emplea la teoría Keynesiana como marco teórico principal, dado que Keynes sugiere que el ahorro nacional es influenciado por el nivel de ingreso y la tasa de interés, lo cual impacta la inversión y el crecimiento económico.

Además, el estudio incluye un análisis econométrico robusto, aplicando pruebas de raíz unitaria, un modelo lineal de regresión simple y pruebas como la de Breusch-Pagan-Godfrey para heterocedasticidad, el test de cointegración de Johansen y el test de KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin). Se destaca que el país ha experimentado transformaciones significativas influenciadas por factores internos y externos, como crisis económicas, fenómenos naturales y la pandemia de COVID-19. Sin embargo, los resultados indican que la influencia entre las variables no es significativa y que la teoría Keynesiana no se cumple en este contexto.

2.MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar la presente investigación se tiene el marco conceptual y teórico teniendo:

Ingreso Nacional: Gil (2024) nos menciona que el ingreso es toda aquella ganancia que se recibe por la venta de un bien o servicio, que generalmente se hace efectiva mediante un

cobro en forma de dinero, con él las personas pueden pagar sus gastos y destinar un parte al ahorro, mientras que para Reyes (2021) es el valor de los salarios, las rentas, los intereses y los beneficios que la comunidad recibe, por aportar recursos para la producción.

Ahorro Nacional: Según Burguillo (2020) nos dice que el ahorro nacional es el total de ahorros realizados por todos los agentes económicos de un país en un tiempo determinado, generalmente un año. Por lo tanto, estos agentes económicos pueden incluir hogares, empresas. También, es una medida importante en una economía ya que representa la cantidad de recursos financieros disponibles para la inversión en una economía en particular, mientras que para Pérez (2020) es la suma del ahorro público y el ahorro privado que indica la cantidad de recursos que tiene un país para invertir en el mismo o en el resto del mundo.

Tasa de interés pasiva: Freitas (2021) nos dice que la tasa de interés pasiva, es aquella que los bancos pagan por los recursos que captan en el mercado financiero, por otro lado, para el BCRP (2022) es la tasa que reciben los depositantes por sus cuentas corrientes, cuentas de ahorro y depósitos a plazo fijo.

Tasa de interés: Orlik (2022) La tasa de interés es el costo del uso del capital y el precio del dinero en el mercado financiero, así mismo, Buenaventura (2023) es el precio del atesoramiento, que mide el sacrificio de quien atesora considera suficiente para preferirlo frente a otras exigibilidades y activos de igual valor presente.

Teoría keynesiana, el ahorro y la tasa de interés:

Lorente (2020) nos dice que con esta teoría se afirma que el ahorro es un simple residuo de las decisiones de inversión y que la acumulación deriva de la demanda efectiva, además de que se centra en la relación entre el ahorro, el consumo y la renta dentro de una economía.

Keynes (1936) suponía una relación directa y sencilla del consumo con la renta disponible, con una propensión marginal al consumo constante, o quizá decreciente con la renta, y con una propensión media al consumo menor a la marginal y también decreciente con la renta, obteniendo la formula siguiente:

Función del consumo Keynesiana:

$$C = C_0 + cY_d$$

siendo C el consumo, C_0 es el consumo autónomo (el nivel de consumo cuando el ingreso es cero), c es la propensión marginal a consumir (PMC) e Y_d la renta disponible. En su versión sencilla, el consumo no depende de otra variable que de la renta disponible del período actual y lo mismo ocurre con el ahorro.

Función de Ahorro:

$$S = Y_d - C$$

Aquí, S representa el ahorro, Y_d la renta disponible y C el consumo.

Función consumo en la de ahorro:

$$S = Y_d - C_0 + c.Y_d$$

Donde:

C = Consumo

C0 = Consumo autónomo

c = propensión marginal a consumir

Yd = Ingreso disponible

S = Ahorro

$1 - c$ = propensión marginal a ahorrar.

Los agentes, por tanto, no miran hacia el futuro, sino que toman sus decisiones de acuerdo con su situación (renta) presente. En efecto, bajo los supuestos keynesianos, un cambio en cualquier variable de política puede generar una modificación en la renta corriente, lo cual produciría efectos importantes y rápidos sobre el consumo (Argandoña, 1994), como por ejemplo para la segunda posguerra mundial los niveles de ahorro se elevaron y se hizo difícil mantener el pleno empleo debido a la incertidumbre de lo que iba a pasar más adelante; todo ello generó un desplazamiento de la función de consumo en el tiempo ocasionando que la función a largo plazo resulte ser lineal y con una propensión media constante.

Además, Keynes (1936) argumentó que las tasas de interés juegan un papel crucial al influir en los niveles de inversión y ahorro dentro de una economía. Explicó que las tasas de interés más bajas tienen el potencial de incentivar la inversión y el gasto en lugar del ahorro, mientras que las tasas más altas tienden a fomentar el ahorro sobre la inversión y el gasto.

Entonces Keynes, durante períodos de recesión o depresión económica, sería necesario mantener tasas de interés bajas para estimular la inversión y así impulsar la demanda agregada. Por el contrario, en momentos de auge económico, abogaba por tasas de interés más altas para moderar el gasto excesivo y controlarlo.

3. METODOLOGÍA

Tipo de investigación: Según Cruz (2020) este tipo de investigación también conocida como investigación pura o fundamental, la cual se enfoca en ampliar el conocimiento científico y teórico sobre un área determinada sin tener en cuenta su aplicación práctica inmediata, mientras tanto para Frabegues (2019) el principal objetivo del tipo de investigación básica es comprender los fenómenos naturales o sociales, descubrir principios generales y establecer teorías. En general, se realiza con el propósito de expandir el acervo de conocimientos en una determinada disciplina y no se centra en resolver problemas específicos.

Tipo de investigación: Descriptiva-Correlacional. Esta investigación es descriptiva porque según Guevara et al. (2020) el propósito de esta se centra en definir, caracterizar y detallar algunas cualidades y aspectos básicos de un grupo homogéneo. Se detallará los hechos más resaltantes de las variables ingreso nacional disponible, tasas de interés pasiva y ahorro nacional en el periodo 1992 – 2022. Por otro lado, Callegas (2020) nos dice que la investigación correlacional busca determinar si existe una relación estadística entre dos o más variables, sin necesariamente demostrar una relación de causa y efecto. Se relaciona con nuestro proyecto puesto que se verá la relación y cómo influyen el ingreso y la tasa de interés en el ahorro Nacional en el Perú.

Enfoque de la investigación: Cuantitativo. El procedimiento cuantitativo representa a una serie de pasos a seguir de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones. Siendo secuencial, uno precediendo al otro ya que no se puede eludir siendo este, de orden estricto Hernández et al. (2020). Este estudio, se centra en cuantificar la recopilación y el análisis de datos de las variables ingreso y tasa de interés pasiva, y como estas influyen en el ahorro nacional.

Diseño de investigación: El diseño de la investigación es No Experimental, ya que no se manipuló la variable independiente. Según Hernández et al. (2020) esta investigación se realiza sin manipular deliberadamente variables, aquí solo se observan los hechos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Este estudio, no manipulará las variables estudiadas, solo se recopilarán los datos ya establecidos.

Población y muestra:

La población está compuesta por las series de tiempo del ingreso disponible, la tasa de interés pasiva y el ahorro nacional del Perú, en el periodo 1992-2022; es por ello que la muestra de esta investigación comprende la tasa de interés pasiva y el ingreso obtenido en el Perú desde los años 1992-2022, los mismo que fueron extraídos de páginas oficiales del BCRP, INEI, Google Académico y SCOPUS.

Técnicas: se desarrolló un modelo lineal de regresión simple econométrico, para entender el comportamiento de las variables, y pruebas como la de Breusch-Pagan-Godfrey para heterocedasticidad, el test de cointegración de Johansen y el test de KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin).

Instrumentos:

El método de recolección será la búsqueda de información cuantitativa relevante utilizando herramientas como Internet. Esta se convierte en insumo clave para la investigación, pues se explota los recursos y los accesos libres de consulta al ciudadano como parte de transparencia del trabajo que vienen realizando las instituciones como el BCRP, INEI, etc.

Dentro de ello cabe destacar que para poder ordenar nuestros datos y tener un mejor análisis de ellos hemos utilizado Microsoft Excel, Eviews, específicamente para evidenciar nuestra programación de Regresión Lineal Múltiple con respecto a la influencia del ingreso nacional disponible y la tasa de interés pasiva en el ahorro nacional bruto, periodo 1992- 2022.

Delimitaciones del estudio: En el estudio inicialmente se planeaba trabajar con datos trimestrales de las tres variables (tasa de interés pasiva, ahorro bruto e ingreso nacional disponible). Sin embargo, no se encontraron datos disponibles para las variables de tasa de interés pasiva y ahorro bruto. Debido a esta limitación, se decidió utilizar datos anuales en lugar de trimestrales. Posteriormente, se propuso trabajar con datos anuales y en porcentajes, considerando un mínimo de 50 datos para garantizar la robustez del análisis. No obstante, no se encontraron suficientes datos históricos de la variable ingreso nacional disponible. Como resultado, se tuvo que ajustar la cantidad de datos a 31 observaciones.

Planteamiento del modelo teórico:

Modelo 1:

$$AH = C(1) + C(2) \cdot IN + C(3) \cdot TIP$$

Modelo 2:

$$AH = C(1) + C(2) \cdot IN + C(3) \cdot TIP + C(4) \cdot (IN \times TIP)$$

Donde:

Ahorro: AH es la variable dependiente.

Ingreso y Tasa de Interés Pasiva: IN y TIP son las variables independientes.

C(1), C(2), C(3) y C(4) son los coeficientes estimados.

Análisis preliminar:

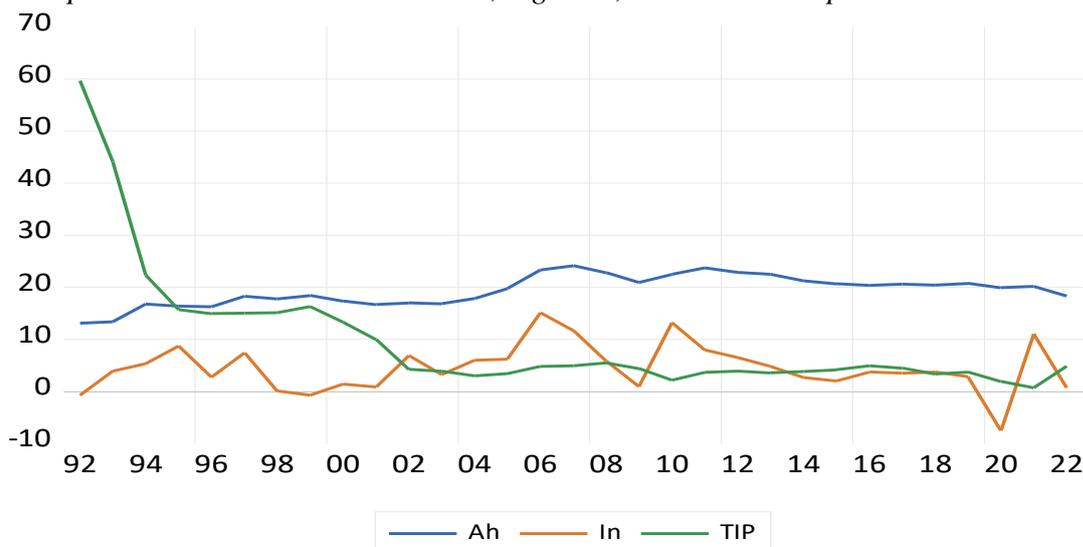
Ahorro Nacional % (Azul): Esta línea se mantiene relativamente constante desde los años 90, con ligeras fluctuaciones entre los valores de 10 y 20 a lo largo del tiempo. Parece ser un indicador estable, lo que sugiere que la variable asociada a "Ah" no ha sufrido cambios drásticos en los últimos años.

Ingresos % (Naranja): La línea "In" muestra fluctuaciones bastante irregulares desde los años 90, alcanzando picos entre 5 y 10 en ciertos momentos, y descendiendo por debajo de 0 en algunos casos, especialmente cerca del año 2020. Esto podría reflejar variaciones significativas en el comportamiento de esta variable, quizás debido a factores externos o a un entorno inestable.

Tasa de interés pasiva TIP (Verde): La serie "TIP" comienza con un valor extremadamente alto, por encima de 60 en el año 1992, pero cae rápidamente y se estabiliza alrededor de 10 desde mediados de los años 90 en adelante. Aunque ha tenido algunos picos y valles menores a lo largo de las décadas, la tendencia general después del desplome inicial ha sido hacia la estabilidad.

Figura 4.

Comportamiento del ahorro nacional, ingresos, tasa de interés pasiva 1992 – 2022



Nota: Fuente BCRP, elaboración propia. Programa Eviews.

La gráfica parece reflejar tres fenómenos económicos o financieros diferentes, con una clara desaceleración de "TIP" desde su pico inicial, mientras que "Ah" muestra una mayor

estabilidad en el tiempo. "In" refleja variaciones más pronunciadas, lo que podría estar asociado con factores volátiles o más sensibles al contexto económico. El comportamiento inicial de "TIP" sugiere una corrección o ajuste dramático en los primeros años, estabilizándose después. Las fluctuaciones en "In" podrían reflejar mayor incertidumbre o variabilidad en esa dimensión, mientras que "Ah" parece menos afectado por eventos externos.

4. RESULTADOS

Prueba de raíz unitaria:

La tabla presenta los resultados de un test de raíz unitaria en panel para las series AH, IN y TIP en el periodo 1992-2022.

Tabla 4.

Test de raíz unitaria en panel para las series AH, IN y TIP en el periodo 1992-2022.

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	2.59014	0.9952	3	83
Breitung t-stat	-1.73690	0.0412	3	80
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.71852	0.0033	3	83
ADF - Fisher Chi-square	19.6613	0.0032	3	83
PP - Fisher Chi-square	38.6359	0.0000	3	90

Nota: Fuente BCRP, INEI, elaboración propia. Programa Eviews.

Levin, Lin & Chu t*: El valor del estadístico (2.59014) y la probabilidad alta (0.9952) indican que no se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria común.

Breitung t-stat: El estadístico (-1.73690) y la probabilidad (0.0412) sugieren que se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria común, lo que implica estacionariedad en algunas series.

Im, Pesaran y Shin W-stat: El estadístico (-2.71852) y la probabilidad (0.0033) rechazan la hipótesis de raíz unitaria individual.

ADF y PP - Fisher Chi-square: Ambos test (con p-valores 0.0032 y 0.0000, respectivamente) también rechazan la hipótesis de raíz unitaria individual, lo que refuerza la evidencia de estacionariedad.

La mayoría de los test rechazan la presencia de raíces unitarias, sugiriendo que las series son estacionarias a nivel individual.

Modelo de estimación 1:

Tabla 5.

Modelo lineal simple

$$AH=C(1)+C(2)*IN+C(3)*TIP$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	20.10195	0.605471	33.20053	0.0000
C(2)	0.165423	0.078518	2.106823	0.0442
C(3)	-0.149858	0.028393	-5.277974	0.0000
R-squared	0.586439	Mean dependent var	19.37020	
Adjusted R-squared	0.556899	S.D. dependent var	2.868097	
S.E. of regression	1.909172	Akaike info criterion	4.222982	
Sum squared resid	102.0583	Schwarz criterion	4.361755	
Log likelihood	-62.45622	Hannan-Quinn criter.	4.268219	
F-statistic	19.85236	Durbin-Watson stat	0.515591	
Prob(F-statistic)	0.000004			

Nota: Fuente BCRP, INEI, elaboración propia. Programa Eviews.

Este es un modelo de regresión lineal estimado mediante mínimos cuadrados para la variable dependiente AH en función de IN y TIP. A continuación se presenta la interpretación de los resultados clave:

Coeficientes:

C(1) (Constante): Valor: 20.10195, significativo (p-valor 0.0000), lo que indica que, si IN y TIP fueran cero, el valor esperado de AH sería 20.10.

C(2) (IN): Coeficiente: 0.165423, significativo (p-valor 0.0442), lo que implica que un aumento de 1 unidad en IN está asociado con un incremento promedio de 0.1654 unidades en AH, manteniendo TIP constante.

C(3) (TIP): Coeficiente: -0.149858, altamente significativo (p-valor 0.0000), lo que sugiere que un aumento de 1 unidad en TIP está asociado con una disminución de 0.1499 unidades en AH, manteniendo IN constante.

Estadísticos del Modelo:

R-cuadrado (0.5864): Indica que el 58.64% de la variabilidad en AH es explicada por IN y TIP. Esto refleja una capacidad de explicación moderada del modelo.

R-cuadrado ajustado (0.5569): Corrige el R-cuadrado por el número de predictores, manteniendo una explicación del 55.69% de la variabilidad en AH.

F-statistic (19.85236, p-valor 0.000004): El test F muestra que el modelo es globalmente significativo, lo que sugiere que los coeficientes de los predictores no son todos cero.

Problemas Potenciales:

Durbin-Watson (0.515591): El valor bajo indica posible autocorrelación positiva en los residuos, lo cual podría afectar la validez de los estimadores.

El modelo es estadísticamente significativo y sugiere que IN tiene un efecto positivo y TIP un efecto negativo sobre AH. Sin embargo, la posible autocorrelación en los residuos sugiere que podrían ser necesarios ajustes o correcciones adicionales para mejorar la precisión del modelo.

Prueba de heterocedasticidad:

Tabla 6.

Test Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.980929	Prob. F(2,28)	0.3875
Obs*R-squared	2.029834	Prob. Chi-Square(2)	0.3624
Scaled explained SS	0.922173	Prob. Chi-Square(2)	0.6306

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/26/24 Time: 09:22

Sample: 1992 2022

Included observations: 31

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.590251	1.120794	2.311086	0.0284
IN	0.185757	0.145345	1.278041	0.2117
TIP	-0.013512	0.052559	-0.257078	0.7990
R-squared	0.065479	Mean dependent var	3.292202	
Adjusted R-squared	-0.001273	S.D. dependent var	3.531843	
S.E. of regression	3.534090	Akaike info criterion	5.454555	
Sum squared resid	349.7142	Schwarz criterion	5.593328	
Log likelihood	-81.54560	Hannan-Quinn criter.	5.499791	
F-statistic	0.980929	Durbin-Watson stat	1.167951	
Prob(F-statistic)	0.387481			

Nota: Fuente BCRP, INEI, elaboración propia. Programa Eviews.

El Test de heterocedasticidad Breusch-Pagan-Godfrey evalúa si los residuos del modelo de regresión tienen varianza constante (homocedasticidad) o no (heterocedasticidad). Donde tenemos:

F-statistic (0.980929, p-valor 0.3875) y Obs*R-squared (2.029834, p-valor 0.3624): Ambos muestran p-valores mayores a 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad. Esto sugiere que no hay evidencia de heterocedasticidad en el modelo.

Prob. Chi-Square (0.3624 y 0.6306) en las distintas pruebas refuerzan esta conclusión, indicando que la variabilidad de los errores no depende de las variables independientes.

No se detecta heterocedasticidad en los residuos del modelo, lo que implica que los errores tienen una varianza constante y el modelo es robusto respecto a este problema.

Tabla 7.*Test de cointegración***Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)**

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.617255	53.13970	29.79707	0.0000
At most 1 *	0.487254	25.28853	15.49471	0.0012
At most 2 *	0.184573	5.917254	3.841465	0.0150

Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.617255	27.85118	21.13162	0.0049
At most 1 *	0.487254	19.37127	14.26460	0.0071
At most 2 *	0.184573	5.917254	3.841465	0.0150

Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by $b'S_{11}^{-1}b=I$):

AH	IN	TIP
-0.087167	-0.080125	-0.170162
0.464116	-0.388213	0.078274
-0.441381	-0.084641	-0.027683

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(AH)	-0.207522	-0.192465	0.530756
D(IN)	1.575391	1.634376	1.665046
D(TIP)	2.068016	-0.889296	-0.368549
1 Cointegrating Equation(s):		Log likelihood	-187.7262

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

AH	IN	TIP
1.000000	0.919214	1.952138
	(0.63914)	(0.29867)

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(AH)	0.018089 (0.02271)
D(IN)	-0.137322 (0.08354)
D(TIP)	-0.180263 (0.03983)

2 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	-178.0406
---------------------------------	-------------------	-----------

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

AH	IN	TIP
1.000000	0.000000	1.018361 (0.14645)
0.000000	1.000000	1.015843 (0.17407)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(AH)	-0.071237 (0.12162)	0.091345 (0.10209)
D(IN)	0.621218 (0.42425)	-0.760714 (0.35612)
D(TIP)	-0.593000 (0.19802)	0.179536 (0.16622)

Nota: Fuente BCRP, INEI, elaboración propia. Programa Eviews.

Este es un test de cointegración de Johansen para las series AH, IN y TIP en el período 1994-2022, que examina si existe una relación de equilibrio a largo plazo entre ellas. Se utilizan dos enfoques: el test de traza y el test de valor máximo del eigenvalor.

Test de traza: Se rechaza la hipótesis nula de no cointegración (p-valor 0.0000), indicando 3 ecuaciones de cointegración. Los estadísticos de traza para "None" (53.13970), "At most 1" (25.28853) y "At most 2" (5.917254) son mayores que los valores críticos, lo que confirma la existencia de cointegración entre las series.

Test de máximo eigenvalor: El test de máximo eigenvalor también rechaza las hipótesis de no cointegración para las mismas tres hipótesis, con p-valores (0.0049, 0.0071 y 0.0150), lo que refuerza la conclusión del test de traza.

Interpretación de las Ecuaciones Cointegrantes: Primera ecuación cointegrante: La relación normalizada muestra que un aumento de 1 unidad en AH está asociado con un incremento de 0.919 en IN y 1.952 en TIP a largo plazo. Segunda ecuación cointegrante: Esta ecuación implica una relación lineal entre IN y TIP con coeficientes de 1.015843 entre ellos.

Coefficientes de ajuste: Los coeficientes de ajuste (alpha) indican la velocidad de ajuste hacia el equilibrio de largo plazo:

D(AH) es cercano a cero en ambas ecuaciones, lo que sugiere que AH ajusta lentamente o no responde mucho a desequilibrios de largo plazo.

D(IN) y D(TIP) tienen coeficientes más grandes en valor absoluto, lo que indica que estas variables ajustan más rápido hacia el equilibrio.

El test indica la existencia de 3 relaciones de cointegración entre las series, lo que significa que, aunque las series puedan ser no estacionarias, hay una relación de equilibrio a largo plazo entre ellas. Los coeficientes normalizados sugieren que AH, IN y TIP están vinculados, y los coeficientes de ajuste muestran que IN y TIP son más sensibles a los desequilibrios que AH.

Test de Raíz unitaria con el enfoque de ADF (Augmented Dickey-Fuller)

Tabla 8.

Test de raíz unitaria ADF (Augmented Dickey-Fuller)

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	19.6613	0.0032
ADF - Choi Z-stat	-2.42057	0.0077

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results UNTITLED

Series	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
AH	0.6846	1	6	29
IN	0.0026	0	6	30
TIP	0.0299	6	6	24

Nota: Fuente BCRP, INEI, elaboración propia. Programa Eviews.

Este es un test de raíz unitaria utilizando el enfoque de ADF (Augmented Dickey-Fuller) para las series AH, IN y TIP. El objetivo es determinar si las series son estacionarias o presentan una raíz unitaria (no estacionarias).

Resultados Globales (ADF - Fisher Chi-square y Choi Z-stat): ADF - Fisher Chi-square (19.6613, p-valor 0.0032): Este resultado indica que rechazamos la hipótesis nula de raíz unitaria, lo que sugiere que al menos una de las series es estacionaria. ADF - Choi Z-stat (-2.42057, p-valor 0.0077): Refuerza esta conclusión, indicando que las series no presentan raíz unitaria de forma general.

Resultados Individuales por Serie: AH (p-valor 0.6846): No se rechaza la hipótesis de raíz unitaria, lo que implica que AH es no estacionaria.

IN (p-valor 0.0026): Rechazamos la hipótesis nula, lo que significa que IN es estacionaria.

TIP (p-valor 0.0299): También se rechaza la hipótesis de raíz unitaria, indicando que TIP es estacionaria.

AH presenta una raíz unitaria y es no estacionaria. IN y TIP son estacionarias, lo que sugiere que sus procesos no tienen una tendencia estocástica y son más predecibles a largo plazo. El resultado global confirma que las series no son todas no estacionarias, y algunas de ellas (IN y TIP) son estacionarias a nivel individual.

En relación a lo estudiado se decide mejorar el modelo, haciendo un cruce entre las variables independientes, teniendo:

Modelo 2:

$$AH=C(1)+C(2)*IN+C(3)*TIP+C(4)*IN*TIP$$

Tabla 9.

Modelo con Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	20.00548	4.21E-15	4.75E+15	0.0000
C(2)	0.242076	6.45E-16	3.75E+14	0.0000
C(3)	-0.130550	2.15E-16	-6.07E+14	0.0000
C(4)	-0.014067	6.41E-17	-2.19E+14	0.0000
R-squared	1.000000	Mean dependent var	19.37020	
Adjusted R-squared	1.000000	S.D. dependent var	2.259082	
S.E. of regression	1.32E-14	Sum squared resid	4.70E-27	
F-statistic	2.93E+29	Durbin-Watson stat	1.930872	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Nota: Fuente BCRP, INEI, elaboración propia. Programa Eviews.

Donde:

AH es la variable dependiente.

IN y TIP son las variables independientes.

C(1), C(2), C(3) y C(4) son los coeficientes estimados.

Coeficientes Estimados

C(1) (Intercepto): 20.00548

Este valor indica el nivel esperado de AH cuando IN y TIP son cero.

C(2) (Coeficiente de IN): 0.242076

Por cada unidad que aumenta IN, se espera que AH aumente en aproximadamente 0.242, manteniendo TIP constante.

C(3) (Coeficiente de TIP): -0.130550

Por cada unidad que aumenta TIP, se espera que AH disminuya en aproximadamente 0.131, manteniendo IN constante.

C(4) (Coeficiente de la Interacción IN×TIP): -0.014067

Este coeficiente indica que el efecto de IN sobre AH se reduce ligeramente cuando TIP aumenta. Es decir, el impacto de IN en AH es negativo y se intensifica en presencia de TIP.

Significancia Estadística

Todos los coeficientes tienen un valor p de 0.0000, lo que indica que son altamente significativos al nivel de significancia del 1%. Esto implica que existe evidencia suficiente

para afirmar que cada uno de los términos (incluido el término de interacción) tiene un efecto significativo sobre AH.

Ajuste del Modelo

R-squared: 1.000000

El modelo explica el 100% de la variabilidad en AH, lo que sugiere un ajuste perfecto. Sin embargo, esto también puede indicar sobreajuste, especialmente con un tamaño de muestra pequeño (31 observaciones).

Adjusted R-squared: 1.000000

Dado que el número de observaciones es bajo y el número de variables es relativamente alto, el valor ajustado también es 1, sugiriendo que el modelo no pierde capacidad explicativa al considerar el número de predictores.

S.E. of regression: 1.32E-14

La desviación estándar de los residuos es extremadamente baja, lo que refuerza la precisión del modelo.

Prueba de Significancia Global: F-statistic: 2.93E+292.93E+292.93E+29

La estadística F es extremadamente alta, y su valor p es 0.0000000.0000000.000000, lo que sugiere que el modelo en su conjunto es significativamente diferente de cero, validando la relevancia de al menos una de las variables independientes.

Durbin-Watson stat: 1.930872, Este valor sugiere que no hay autocorrelación significativa en los residuos, ya que se encuentra cerca de 2, lo que es un resultado deseable en modelos de regresión.

El modelo muestra un ajuste excepcional y todos los términos son significativos. Sin embargo, es crucial ser cauteloso con la interpretación debido a la posibilidad de sobreajuste y la escasez de observaciones, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Se recomienda validar el modelo utilizando un conjunto de datos diferente o aplicar técnicas de validación cruzada para asegurar la robustez de los hallazgos.

5. DISCUSION

La investigación analiza la relación entre el ahorro bruto (AH), el ingreso nacional disponible (IN) y la tasa de interés pasiva (TIP) en Perú, entre 1992 y 2022. A través de diferentes pruebas econométricas, como el test de raíz unitaria, el análisis de cointegración y la regresión lineal, y regresión lineal ajustada, donde se evalúan las conexiones entre estas variables clave del modelo.

Los resultados del test de raíz unitaria muestran que las series de IN y TIP son estacionarias, mientras que la de AH no lo es. Esto sugiere que, mientras IN y TIP no presentan tendencias estocásticas a largo plazo, AH podría requerir diferencias para lograr estacionariedad. En cuanto al modelo de regresión, se observa que el ingreso (IN) tiene un impacto positivo en el ahorro bruto (AH), mientras que la tasa de interés pasiva (TIP) tiene un impacto negativo, como lo muestra el coeficiente significativo negativo de -0.1499. Esto es coherente con la teoría económica que sugiere que a mayor tasa de interés, los individuos tienden a ahorrar menos debido a la menor demanda de préstamos para consumo o inversión.

Los resultados de la prueba de cointegración de Johansen confirman que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las tres variables. Este hallazgo es crucial, ya que sugiere que, aunque las variables puedan fluctuar a corto plazo, tienden a ajustarse hacia un equilibrio común.

6. CONCLUSIONES

Estacionariedad: Las pruebas de raíz unitaria revelaron que el ingreso nacional disponible (IN) y la tasa de interés pasiva (TIP) son estacionarias, mientras que el ahorro bruto (AH) no lo es, lo que sugiere la necesidad de ajustes adicionales en AH para su análisis en modelos econométricos.

Relaciones a largo plazo: El análisis de cointegración indica que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre AH, IN y TIP, lo que sugiere que estas variables están vinculadas a nivel estructural.

Impacto del ingreso y la tasa de interés: El ingreso tiene un efecto positivo sobre el ahorro, mientras que la tasa de interés tiene un impacto negativo, consistente con la teoría keynesiana sobre el comportamiento del ahorro y la inversión.

Ajustes adicionales: A pesar del ajuste significativo del modelo, la baja Durbin-Watson indica autocorrelación en los residuos, lo que sugiere la necesidad de aplicar correcciones o revisar los supuestos del modelo.

Implicancias de política:

Fomentar el ahorro mediante el crecimiento del ingreso: La relación positiva entre el ingreso (IN) y el ahorro bruto (AH) sugiere que las políticas destinadas a aumentar el ingreso disponible probablemente mejorarán el ahorro. Los gobiernos podrían centrarse en crear empleos, mejorar los salarios y fomentar la estabilidad económica para impulsar los ingresos de los hogares. Tales medidas podrían incluir inversiones en educación, capacitación vocacional y redes de seguridad social que eleven la capacidad de ingresos de las personas.

Repensar las políticas de tasas de interés: La relación negativa entre las tasas de interés pasivas (TIP) y los ahorros sugiere que tasas de interés más altas no necesariamente promueven el ahorro en el contexto peruano. Esto indica que depender únicamente de tasas de interés más altas para incentivar el ahorro puede resultar ineficaz. En cambio, las autoridades podrían explorar métodos alternativos, como incentivos fiscales para el ahorro, programas de educación financiera o la creación de productos de ahorro a largo plazo que proporcionen rendimientos más atractivos independientemente de las fluctuaciones de las tasas de interés.

Estabilidad económica a largo plazo: Los resultados de la cointegración resaltan un equilibrio a largo plazo entre ingresos, tasas de interés y ahorros. Esto sugiere que las políticas macroeconómicas destinadas a estabilizar estas variables (como mantener objetivos de inflación, gestionar los déficits fiscales y controlar la deuda pública) son fundamentales. La estabilidad de estos factores asegura que el ahorro, la inversión y el consumo mantengan una relación equilibrada, promoviendo un crecimiento económico sostenible.

Promoción de la inclusión financiera: dado que los ahorros no siempre aumentan con tasas de interés más altas, ampliar el acceso a los servicios bancarios y productos financieros podría ayudar a impulsar el ahorro. Las políticas que fomentan la inclusión financiera, en particular para los grupos de bajos ingresos, podrían facilitar el ahorro de más personas, incluso en entornos con tasas de interés más bajas.

Programas de ahorro focalizados: basándose en los hallazgos, los gobiernos podrían diseñar programas de ahorro dirigidos a grupos de ingresos específicos. Estos programas podrían incentivar el ahorro a través de contribuciones equivalentes, exenciones fiscales o cuentas de ahorro específicas para educación, vivienda o jubilación. Estas medidas fomentarían hábitos de ahorro a largo plazo entre los ciudadanos.

En resumen, estos hallazgos sugieren que una combinación de políticas de crecimiento del ingreso, productos financieros innovadores y estabilidad macroeconómica será más efectiva para promover el ahorro que simplemente ajustar las tasas de interés

7. CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

8. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

SF: Redacción: revisión y edición, Conceptualización; **TA:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización; **VN:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización, **MG:** Redacción: borrador original, Análisis formal; **CM:** Redacción: Metodología, Administración del proyecto.

9. FINANCIAMIENTO

El presente trabajo de investigación ha sido autofinanciado.

10. ABREVIATURAS (DE CORRESPONDER)

AH: Ahorro Bruto

IN: Ingreso Nacional Disponible

TIP: Tasa de Interés Pasiva

BCRP: Banco Central de Reserva del Perú

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

ADF: Augmented Dickey-Fuller (Prueba de Raíz Unitaria ADF)

PP: Phillips-Perron (Prueba de Raíz Unitaria PP)

KPSS: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (Prueba de Estacionariedad KPSS)

F-statistic: Estadístico F (Fisher)

DW stat: Estadístico de Durbin-Watson (Autocorrelación de residuos)

R²: Coeficiente de Determinación

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Nava Bolaños, I., & Brown Grossman, F. (Diciembre de 2018). (49). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-33802018000200093
- Abugattás, L. (2003). doi:<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f898f0d6-b56b-4680-a68b-959438e4d7f1/content>
- Argandoña, A. (1994). Obtenido de <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/DI-0276.pdf>
- Ayala, R. T. (Diciembre de 2019). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/1987/T-1180.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Banco Central Chile. (2021). Obtenido de https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/enlaces/aplicaciones/index_CCNN.html
- Banco Central de Reserva del Peru. (2004). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2004/Memoria-BCRP-2004-5.pdf>
- Banco Central de Reserva del Peru. (Enero de 2007). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/1996/Memoria-BCRP-1996-4.pdf>
- Banco Central de Reserva del Peru. (Mayo de 2023). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2022/memoria-bcrp-2022.pdf>
- Banco Central de Reservas del Peru . (Julio de 2000). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/1999/Memoria-BCRP-1999-4.pdf>
- Banco Central Reserva. (Junio de 2007). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/1992/Memoria-BCRP-1992-3.pdf>
- BCRP. (1995). Memorias 1995. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1995.pdf>
- BCRP. (26 de Marzo de 2020). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/glosario/i.html#:~:text=El%20ingreso%20nacional%20disponible%20bruto,provenientes%20del%20resto%20del%20mundo.>
- BCRP. (Marzo de 2020). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-151/moneda-151-06.pdf>

- BCRP. (Abril de 2021). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2020/memoria-bcrp-2020.pdf>
- BCRP. (2022). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Estudios-Economicos/03/Estudios-Economicos-3-3.pdf>
- BCRP. (2022). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Guia-Metodologica/Guia-Metodologica-02.pdf>
- BCRP. (Julio de 2022). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2021/memoria-bcrp-2021.pdf>
- Buenaventura, G. (2023). LA TASA DE INTERÉS: INFORMACIÓN CON ESTRUCTURA. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/212/21208603.pdf>
- Burguillo, R. V. (Junio de 2020). Obtenido de https://guiasjuridicas.laley.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNDCwsTtbLUouLM_DxbIwMDS0MDIwuQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAoCTdIDUAAAA=WKE
- Callegas, R. &. (Agosto de 2020). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/7658-Texto%20del%20art%C3%ADculo-33560-1-10-20230927.pdf>
- Camargo, E. P. (6 de julio de 2020). Las decisiones financieras . Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/9b85b47e-54fc-470f-b68f-d1e2cd96f9da/content>
- Castillo, M. (31 de Enero de 2023). Obtenido de <https://dock.tech/es/fluid/blog/financiero/ley-de-bancos-peru/>
- Cepal. (2021). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/870/pol150.pdf?sequence=1>
- CEPAL. (Abril de 2021). Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5107-promoviendo-ahorro-grupos-menores-ingresos-experiencias-latinoamericanas#:~:text=En%20la%20introducci%C3%B3n%20se%20hace,la%20desigualdad%20intergeneracional%20de%20ingresos.>
- Chirito, C. E. (2019). Panorama de la Economía Peruana. En INEI. Lima. Recuperado el Julio de 2024, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1654/libro.pdf
- Chiu, J. (2020). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/49a23f24-7996-429d-a990-e52a39448723/content>

- Chiu, J. (2022). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ea1ea5ef-e13c-48d9-bf41-abfcc32b8a53/content>
- Coello, N. S. (2020). Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51568/B_Silva_CN-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3d26c33f-7da2-40c7-a4d8-af3f26b9e80a/content>
- Covinos, A. &. (Julio de 2021). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/7658-Texto%20del%20art%C3%ADculo-33560-1-10-20230927.pdf>
- Cruz, I. (Agosto de 2020). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/7658-Texto%20del%20art%C3%ADculo-33560-1-10-20230927.pdf>
- Económica Y Social (CIES) Consorcio de Investigación. (6 de Julio de 2005). Obtenido de https://www.gestiopolis.com/economia-peruana-1998-perspectivas-1999/#google_vignette
- El Peruano. (Marzo de 2023). Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2160828-1>
- Fernández , Hernández, & Baptista. (2020). (149). Obtenido de <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0105003/cap03.pdf>
- Frabegues, B. &. (Agosto de 2019). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/7658-Texto%20del%20art%C3%ADculo-33560-1-10-20230927.pdf>
- Freitas, J. C. (17 de Febrero de 2021). Efecto de las regulaciones en las tasas de interes. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ8184.pdf>
- Galán, J. S. (1 de Junio de 2020). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/consumo-privado.html>
- Galán, J. S. (Julio de 2020). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/ahorro-privado.html>
- Garcia Bianchi, A., Santillan Leiba, R., & Sotomayor Valenzuela, N. (Febrero de 2020). Determinantes del Ahorro Voluntario en el Perú: Evidencia de una Encuesta de Demanda. SBS, 44. Obtenido de https://www.sbs.gob.pe/Portals/4/jer/PUB-ESTUDIOS-INVESTIGACIONES/Determinantes%20del%20ahorro%20voluntario%20en%20el%20Peru_DT-001-2020_2.pdf
- Gil, S. (25 de marzo de 2024). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/ingreso.html>
- Gonzales, J. L. (Junio de 2021). (134). Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

- Guevara. (Julio de 2020). Obtenido de <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/860/1560?inline=1>
- INEI. (Febrero de 2014). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1138/Pdfs_CAB2007/CapituloII.pdf
- INEI. (2016). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1398/parte01.pdf
- INEI. (2017). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1424/libro.pdf
- INEI. (2020). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1825/parte01.pdf
- INEI. (2021). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1799/cap01.pdf
- INEI. (Mayo de 2022). Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3159741/Panorama%20de%20la%20Econom%C3%ADa%20Peruana%201950-2021.pdf.pdf>
- INEI. (Septiembre de 2023). Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/glosario/default.aspx?clvglo=sca&c=27809&s=es>
- Instituto Peruano de Economía. (6 de Noviembre de 2021). Tasa de interés interbancaria. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/tasa-de-interes-interbancaria/#:~:text=La%20tasa%20de%20inter%C3%A9s%20interbancaria,e1%20BCRP%20a%20los%20bancos>.
- Keynes, J. M. (17 de Abril de 2019). Teorías alternativas de la tasa de ineteres . Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962017000100335
- León, L. A. (29 de mayo de 2021). Obtenido de Indicadores económicos en el ingreso familiar, 2008-2018: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-Ecuador-8229647.pdf>
- Lorente, L. (2020). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47722004000100003#:~:text=La%20tradici%C3%B3n%20keynesiana%20afirma%20que,de%20producci%C3%B3n%20de%20los%20empresarios
- Mejía. (Agosto de 2019). Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/1641/HUAMANI%20MANTARI%2C%20SOFIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/prensa/Memoria_Sectorial_2006_2011.pdf

- Morales, F. (01 de septiembre de 2020). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/ingreso-real.html>
- Orlik, N. L. (2022). Tasas de interés, demanda efectiva y crecimiento económico. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2012000100005
- Padilla, F. (27 de Mayo de 2019). Obtenido de <https://www.fundssociety.com/es/opinion/la-inversion-y-el-ahorro-externo/>
- Paredes, J. L., & More Sanchez, V. (17 de Octubre de 2023). Relevancia Económica del Crédito Interno, Ahorro Interno y Capitalización Bursátil en la Economía Peruana. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/374790160_Relevancia_Economica_d_el_Credito_Interno_Ahorro_Interno_y_Capitalizacion_Bursatil_en_la_Economia_Peruana/citation/download
- Pereira, L. (Marzo de 2019). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672008000100004#:~:text=El%20ahorro%20externo%2C%20esto%20es,de%20cambio%20real%20\(%20CE%20B8\).](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672008000100004#:~:text=El%20ahorro%20externo%2C%20esto%20es,de%20cambio%20real%20(%20CE%20B8).)
- Pérez, G. (1 de Abril de 2020). Obtenido de [https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7462/11283#:~:text=En%20tonces%2C%20definiendo%20los%20conceptos%2C%20el,%20E2%80%9D%20\(%20Burguillo%2C%202020\).](https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7462/11283#:~:text=En%20tonces%2C%20definiendo%20los%20conceptos%2C%20el,%20E2%80%9D%20(%20Burguillo%2C%202020).)
- Reyes, E. P. (2021). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tic.uis.edu.co/users/ipred/repositorio/Empresarial/nivel2/economia/Unidad_1/Documentos/PRODUCTO_E_INGRESO_NACIONAL.pdf
- Roldán, P. (06 de mayo de 2018). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/ingreso-nacional.html>
- Sosa, R. (6 de julio de 2020). Las decisiones financieras. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/9b85b47e-54fc-470f-b68f-d1e2cd96f9da/content
- Tarazona Jiménez, J., Beltrán Castillo, K., & Huamán Maguiña, L. (2020). DETERMINANTES DEL AHORRO DESDE LA PERSPECTIVA DE LA POBLACIÓN EN EDAD A TRABAJAR EN ANCASH – 2017. 13. Obtenido de https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/saber_discursivo/article/view/717/861
- Universidad Nacional de Pacifico . (1992). Informe de coyuntura : primer semestre 1992: Primer semestre 1992, evolucion de la economia peruana. Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2050/INF1992PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Urbina, C. A. (22 de Mayo de 2020). Factores determinantes del ahorro interno en América Latina. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/280/28080207.pdf

Villar Hernández, B., Jiménez Alba, M., & Sánchez Carrera, E. (12 de Mayo de 2023). El ahorro de los hogares mexicanos antes y durante la pandemia de la covid-19. Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672023000100132

Westreicher, G. (1 de Mayo de 2020). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/consumo-publico.html>

Zumárraga-Espinosa, M. (14 de Enero de 2022). Estudio de los predictores del comportamiento de ahorro en estudiantes. (35). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5711/571169753012/571169753012.pdf>



Videjuego con gamificación para mejorar el aprendizaje matemático en estudiantes de primaria.

Video game with gamification to improve mathematical learning in primary school students.

 [Rodríguez-Sopla, Angel Isaac¹](#)

¹Universidad Nacional Rodrigo Toribio de Mendoza, Amazonas, Perú.

Recibido: 17 Sept. 2024 | **Aceptado:** 18 Sept. 2024 | **Publicado:** 15 Oct. 2024

Autor de correspondencia*: 7494213381@untrm.edu.pe

Cómo citar este artículo: Rodríguez-Sopla, A.I. (2024). Videjuego con gamificación para mejorar el aprendizaje matemático en estudiantes de primaria. *Revista Científica Aypate*, 3(3), 51-59. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i3.111>

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un videojuego con elementos de gamificación para mejorar el aprendizaje matemático en alumnos de primaria, específicamente en operaciones de suma y resta, competencias clave para el segundo grado. Se realizó una evaluación del desempeño académico y la motivación de los estudiantes mediante un enfoque cuantitativo. Se empleó un diseño experimental de pretest-posttest con grupo de control para este estudio. Los resultados mostraron que el grupo que utilizó el videojuego obtuvo un desempeño superior y experimentó una mayor satisfacción en comparación con el grupo de control, que recibió una enseñanza tradicional. Se concluye que utilizar la gamificación a través de videojuegos educativos puede ser una estrategia efectiva para aumentar tanto el aprendizaje como la motivación en matemáticas.

Palabras Clave: gamificación, videojuego, estudiantes, aprendizaje, matemáticas.

ABSTRACT

This study aimed to develop a video game with gamification elements to improve mathematical learning in primary school students, specifically in addition and subtraction operations, key competencies for the second grade. An evaluation of the students' academic performance and motivation was carried out using a quantitative approach. A pretest-posttest experimental design with a control group was used for this study. The results showed that the group that used the video game obtained a superior performance and experienced greater satisfaction compared to the control group, which received traditional teaching. It is concluded that using gamification through educational video games can be an effective strategy to increase both learning and motivation in mathematics.

Keywords: gamification, video game, students, learning, mathematics.

1. INTRODUCCIÓN

El juego, tanto en formato de mesa como en videojuegos, es una forma de entretenimiento que ha experimentado un crecimiento significativo, extendiéndose más allá del ámbito doméstico hasta entornos laborales y educativos. Esta popularidad se debe, en parte, a su capacidad para fomentar el desarrollo cognitivo, social y emocional, especialmente durante la infancia. Investigaciones han demostrado que el juego exploratorio y el de roles contribuyen al desarrollo del cerebro y de habilidades esenciales en los primeros años de vida (Ginsburg, 2007; HirshPasek et al., 2009). En el campo de la educación, la gamificación, entendida como la aplicación de elementos propios del diseño de juegos en situaciones no recreativas, se ha destacado como una estrategia eficaz para el aprendizaje (Deterding et al., 2011; Hamari et al., 2014). La gamificación se emplea en videojuegos educativos para fortalecer la motivación interna de los estudiantes, integrando el contenido educativo de manera interactiva y desafiante. Sin embargo, es crucial diseñar estas herramientas de manera que no dependan únicamente de la motivación extrínseca, como recompensas y elogios, sino que fomenten un interés genuino y duradero en el aprendizaje (Deci & Ryan, 2000). Las matemáticas, en particular, son una asignatura que muchos estudiantes encuentran desafiante y poco atractiva. Esta percepción negativa puede llevar a un bajo rendimiento académico y una desconexión con la aplicación práctica de la materia en la vida cotidiana (Boaler, 2016). Por lo tanto, es fundamental adoptar enfoques educativos innovadores que hagan del aprendizaje de las matemáticas una experiencia agradable y significativa. Los videojuegos educativos pueden tener un impacto significativo al plantear problemas matemáticos en entornos de juego, lo que facilita tanto la comprensión como la práctica de estas competencias (Ke, 2008; Vos et al., 2011).

Este estudio se enfoca en la creación de un videojuego educativo que incorpora elementos de gamificación no solo con el propósito de mejorar las habilidades matemáticas en estudiantes de primaria, sino también para fomentar una motivación intrínseca a través de una narrativa atractiva y desafíos estimulantes. Los objetivos de esta investigación son: desarrollar un videojuego educativo centrado en operaciones de adición y sustracción para estudiantes de segundo grado, analizar cómo el videojuego influye en el desempeño académico de los estudiantes, analizar la satisfacción y la percepción de los estudiantes hacia el videojuego, contrastar los resultados obtenidos entre el grupo experimental y el grupo de control que recibió enseñanza tradicional. Los resultados obtenidos señalan que la gamificación puede ser una herramienta útil y eficaz para mejorar el aprendizaje de las matemáticas, promoviendo una mayor motivación y rendimiento en los estudiantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, caracterizado por la medición numérica y el análisis estadístico de datos para derivar conclusiones científicas. Este enfoque sistemático y objetivo permitió establecer relaciones causales y generalizar los resultados obtenidos. Se utilizó un diseño experimental pretest postest con un grupo de control para evaluar los efectos del videojuego educativo. Este diseño implicó la medición de una variable dependiente antes y después de la intervención en dos grupos: un grupo experimental que participó en el uso del videojuego y un grupo de control que recibió instrucción educativa tradicional. La población del estudio consistió en todos los alumnos del nivel dos en el centro educativo Manuel Antonio Mesones Muro en Bagua, totalizando 100 estudiantes distribuidos en cuatro secciones: "A", "B", "C" y "D". Utilizando la fórmula para una muestra representativa finita, la muestra final se compuso de 46 estudiantes, distribuidos equitativamente entre el grupo experimental y el grupo de control. Se emplearon distintas

técnicas y recursos para recopilar la información necesaria, como los cuestionarios y los exámenes, estos se usaron para evaluar el conocimiento y habilidades matemáticas de los estudiantes antes y después de la aplicación.

La creación del videojuego educativo siguió un enfoque ágil, estructurado en Sprints, lo que permitió una documentación detallada de cada fase del desarrollo. Se utilizó la gamificación, donde se hizo la incorporación de elementos de juego como recompensas y niveles para hacer el aprendizaje más interactivo y motivador. También se usó el Game Design Canvas, el cuál es un lienzo utilizado para planificar y estructurar los elementos del juego. Por último, se usó el IDE Unity, una plataforma de desarrollo seleccionada para crear gráficos y funcionalidades interactivas de alta calidad.

Los datos recolectados mediante cuestionarios y observaciones fueron analizados utilizando métodos estadísticos para determinar la efectividad del videojuego en el aprendizaje de las matemáticas. Se realizaron pruebas t para comparar las medias de las pruebas previas y posteriores entre los grupos experimental y de control y pruebas estadísticas descriptivas como la media y la desviación estándar para ver la variabilidad en ambos grupos. Se obtuvieron todos los consentimientos informados necesarios de los padres y tutores de los estudiantes participantes, garantizando la confidencialidad y el uso adecuado de los datos recolectados. Se respetaron todas las normativas éticas para la investigación con menores. También, Se llevaron a cabo pruebas de validación y confiabilidad de los métodos de recolección de datos para garantizar la exactitud y representatividad de la información recabada.

3. RESULTADOS

La satisfacción de los estudiantes con respecto al videojuego educativo fue evaluada a través de ocho ítems:

Figura 5.

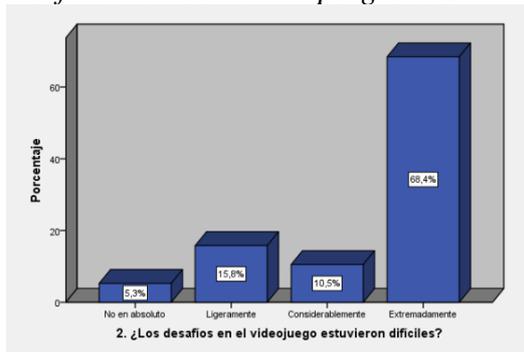
Gráfico de barras de la pregunta 1



En la figura 1, se puede visualizar que el 57.9% de los participantes expresaron estar satisfechos con la variedad de niveles y desafíos del videojuego, solo un 36.8% consideró que la variedad de niveles no les gustó tanto, y un 5.3% no les gustó en absoluto.

Figura 6.

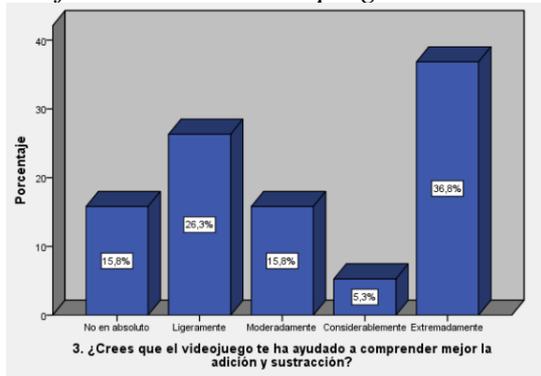
Gráfico de barras de la pregunta 2



En la figura 2, se puede observar que un 68.4% de los participantes indicó que los desafíos en el videojuego fueron "Extremadamente" difíciles, mientras que un 15.8% consideró que eran "Ligeramente" difíciles, sugiriendo que algunos jugadores percibieron una dificultad moderada.

Figura 7.

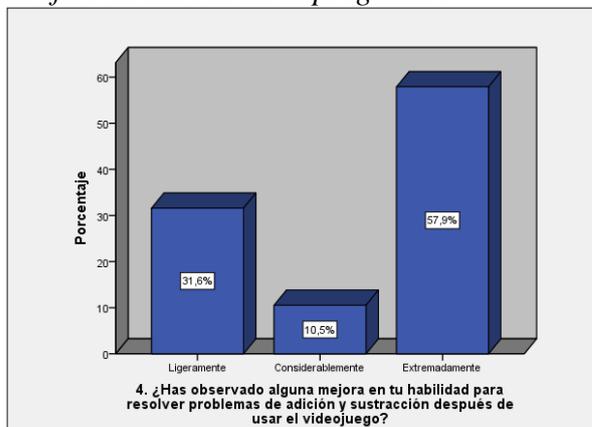
Gráfico de barras de la pregunta 3



En la figura 3, se puede visualizar que el 36.8% de los estudiantes sintió que el videojuego les ayudó a comprender mejor la adición y sustracción, y que solo el 15.8% no observó mejoras en su habilidad para resolver problemas de adición y sustracción después de usar el videojuego.

Figura 8.

Gráfico de barras de la pregunta 4

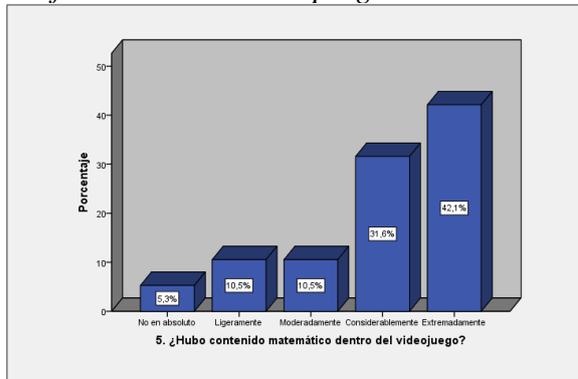


En la figura 4, un 57,9% de los participantes, afirmó haber experimentado una mejora "Extremadamente" significativa en su habilidad para resolver problemas de adición y

sustracción después de utilizar el videojuego. Un 31,6% seleccionó "Ligeramente", indicando que también hubo una percepción positiva, aunque en menor grado.

Figura 9.

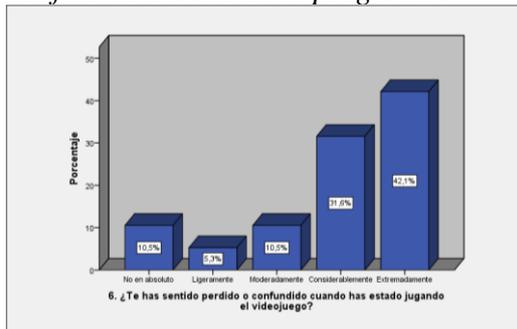
Gráfico de barras de la pregunta 5



En la figura 5, un 42,1%, percibió que el videojuego contenía "Extremadamente" contenido matemático. Esto sugiere que una proporción significativa de los jugadores reconoció una presencia sustancial de elementos relacionados con las matemáticas en el juego.

Figura 10.

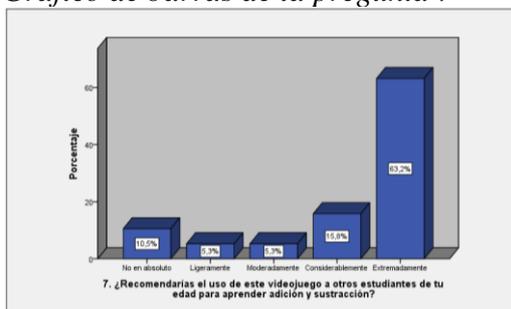
Gráfico de barras de la pregunta 6



En la figura 6, un 42,1%, indicó que se ha sentido "Extremadamente" perdido o confundido al jugar el videojuego. Esto sugiere que un grupo considerable de jugadores ha experimentado un nivel alto de desconcierto o dificultad al interactuar con el juego. Un 31,6% seleccionó "Considerablemente", lo que también indica una percepción sustancial de confusión o sentirse perdido, aunque en menor medida que el grupo anterior.

Figura 11.

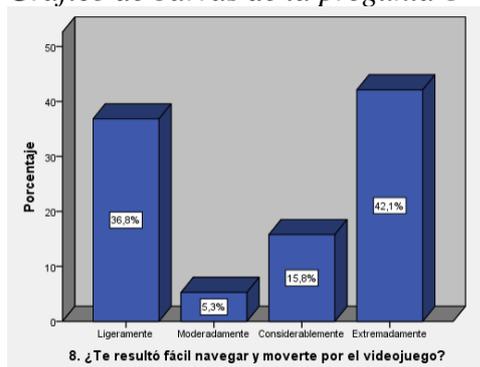
Gráfico de barras de la pregunta 7



En la figura 7, un 63,2%, indicó que recomendaría "Extremadamente" el uso de este videojuego a otros estudiantes de su edad para aprender adición y sustracción. Esto sugiere una percepción muy positiva sobre la utilidad educativa del juego.

Figura 12.

Gráfico de barras de la pregunta 8



Finalmente, en la figura 8, se observa que un 42.1% de los participantes encontró "Extremadamente" fácil navegar y moverse por el videojuego, lo que indica una experiencia de usuario positiva y fluida.

Para evaluar el impacto del videojuego en el aprendizaje matemático, se formaron dos grupos: uno experimental y otro de control, cada uno compuesto por 23 participantes, lo que se puede visualizar en la Tabla 1.

Tabla 10.*Grupos de experimentación*

Grupos	Tipo	Nº Participantes
A	Experimental	23
B	Control	23

Nota. Tabla que representa ambos grupos para el estudio: experimental y de control.

Tabla 11.*Promedio y desviación estándar Pre Test*

	N	Media	Desviación estándar
Notas Grupo A Pre Test	23	14,130	3,9578
Notas Grupo B Pre Test	23	15,565	4,6498
N válido (por lista)	23		

Nota. Tabla que representa la medias y desviaciones estándar tanto de grupo experimental (A) y el de control (B) en el Pre Test.

En la Tabla 2, el efecto de la prueba previa comprobó que el grupo de control tuvo un rendimiento promedio ligeramente superior al grupo experimental (Media: 15.56 vs. 14.13), con una mayor variabilidad en las puntuaciones individuales del grupo de control (Desviación estándar: 4.64 vs. 3.95).

Tabla 12.*Promedio y desviación estándar Post Test*

	N	Media	Desviación estándar
Notas Grupo A Post Test	23	16,826	2,5522
Notas Grupo B Post Test	23	16,174	4,0971
N válido (por lista)	23		

Nota. Tabla que representa la medias y desviaciones estándar tanto de grupo experimental (A) y el de control (B) en el Post Test.

En la tabla 3, en el postest, el grupo experimental mostró una mejora significativa con un promedio de 16.82, en contraste con el grupo de control que sacó un promedio de 16.17.

Además, la desviación estándar del grupo experimental disminuyó a 2.55, lo que indica una mayor consistencia en las puntuaciones después de la intervención con el videojuego, en contraste con la desviación estándar del grupo de control que fue de 4.09.

4.DISCUSION

La investigación demostró que el uso del videojuego educativo "Dino Matemática" tuvo un impacto positivo significativo en la mejora del aprendizaje matemático en estudiantes de segundo grado. Los resultados del postest del grupo experimental mostraron una mejora estadísticamente significativa en contraste con el grupo de control, lo que indica que el videojuego se revela como una herramienta eficaz para complementar el método tradicional de enseñanza de las matemáticas. Los resultados obtenidos son coherentes con estudios previos que han evidenciado las ventajas de la gamificación en el aprendizaje.

Por ejemplo, Gee (2003) destaca cómo los videojuegos pueden proporcionar entornos de aprendizaje efectivos al implicar a los estudiantes en actividades que exigen habilidades de pensamiento crítico y solución de problemas. De igual manera, Prensky (2001) argumenta que los videojuegos educativos pueden elevar el incentivo y el deber de los colegiales, lo que conduce a mejores frutos en el aprendizaje. Sin embargo, los resultados también indican que la dificultad de los desafíos en el videojuego "Dino Matemática" fue percibida como extremadamente alta por algunos estudiantes, lo que sugiere la necesidad de ajustar la dificultad para satisfacer una gama más amplia de habilidades. Esta observación está alineada con la investigación de Kirriemuir y McFarlane (2004), quienes señalan que el equilibrio entre desafío y habilidad es crucial para el éxito de los videojuegos educativos. Desde una perspectiva teórica, esta investigación aporta al entendimiento de cómo los videojuegos educativos pueden ser integrados efectivamente en el currículo escolar para optimizar el aprendizaje del curso de matemáticas. Apoya la teoría de la gamificación que sugiere que los elementos de juego pueden hacer que el aprendizaje sea más atractivo y efectivo (Deterding et al., 2011). Además, resalta la importancia de diseñar juegos educativos que no solo entretengan, sino que también proporcionen desafíos adecuados y contenido educativo relevante. Los descubrimientos de este estudio presentan varias implicaciones prácticas. Primero, se sugiere que los videojuegos educativos pueden ser una herramienta valiosa para los maestros que buscan formas innovadoras de mejorar la enseñanza y el incentivo de los colegiales en matemáticas. Además, el estudio proporciona una guía para el diseño de futuros videojuegos educativos, subrayando la importancia de ajustar la dificultad y asegurarse de que el contenido educativo esté bien integrado en el juego. Una limitación del estudio fue el tamaño comparativamente pequeño de la muestra, lo que podría impactar la generalización de los resultados. Investigaciones futuras podrían beneficiarse de incluir una muestra más amplia y diversa para corroborar estos hallazgos. Además, sería beneficioso investigar cómo diferentes elementos de diseño del juego, como la narrativa y la retroalimentación inmediata, afectan la enseñanza y la percepción de los estudiantes.

5. CONCLUSIONES

El videojuego "Dino Matemática" se mostró como una herramienta efectiva para ayudar con la enseñanza de las matemáticas en colegiales de segundo año de primaria. Los resultados posteriores indicaron un aumento significativo en el puntaje del grupo experimental en contraste con el grupo de control. Esto valida la hipótesis de que la gamificación puede incrementar la motivación y el desempeño académico en matemáticas.

La mayoría de los estudiantes reportaron una mejor comprensión de las operaciones matemáticas básicas, como la adición y la sustracción, gracias al uso del videojuego. Los elementos interactivos y lúdicos del videojuego facilitaron la adquisición de conceptos matemáticos fundamentales.

Los estudiantes mostraron altos niveles de satisfacción con el videojuego, especialmente en términos de facilidad de uso y navegación. No obstante, la percepción de la dificultad de los desafíos fue mixta, lo que sugiere la necesidad de ajustar el nivel de dificultad para atender a una variedad más amplia de habilidades estudiantiles.

Los resultados sugieren que los videojuegos educativos pueden complementar efectivamente la enseñanza tradicional. La integración de herramientas de gamificación en el aula puede hacer que el aprendizaje sea más atractivo y mejorar significativamente el rendimiento académico.

Con base en los hallazgos de este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones para futuros desarrollos e investigaciones en el área de gamificación y educación:

Desarrollar versiones del videojuego que cubran otros temas y competencias matemáticas, así como otras áreas del currículo escolar, para evaluar su efectividad en diferentes contextos educativos.

Crear adaptaciones del videojuego para diferentes niveles de educación primaria y secundaria, asegurando que el contenido y los desafíos sean apropiados para cada grupo de edad.

Fomentar la integración de videojuegos educativos en la rutina diaria de enseñanza, proporcionando capacitación a los docentes sobre cómo utilizar estas herramientas de manera efectiva.

Conducir estudios a largo plazo para evaluar el efecto continuado del uso de videojuegos educativos en el desempeño escolar y mejora de la percepción y motivación de los estudiantes.

Incorporar mecanismos de personalización en el videojuego para ajustarse a las necesidades y velocidad de aprendizaje individuales de cada alumno, ofreciendo desafíos específicos y retroalimentación personalizada.

Promover la colaboración entre educadores, desarrolladores de juegos y psicólogos educativos para crear herramientas educativas más efectivas y basadas en evidencia.

En resumen, este estudio apoya la utilización de videojuegos educativos como un sistema factible y eficaz para mejorar el aprendizaje matemático. La implementación de estos recursos tecnológicos en el currículo escolar puede contribuir significativamente a una percepción positiva y a un mayor rendimiento académico en los colegiales, ofreciendo nuevas oportunidades para la innovación educativa.

4. CONFLICTOS DE INTERÉS

El autor declara que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

5. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Angel Isaac Rodríguez Sopla (JB): Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Metodología, Administración del proyecto

6. FINANCIAMIENTO

El autor declara que no ha recibido ningún tipo de financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

7. REFERENCIAS

- Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential through Creative Math, Inspiring Messages, and Innovative Teaching*. JosseyBass.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). Selfdetermination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15).
- Gee, J. P. (2003). *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*. Palgrave Macmillan.
- Ginsburg, K. R., & Committee on Psychosocial Aspects of Child and Family Health. (2007). The importance of play in promoting healthy child development and maintaining strong parent-child bonds. *Pediatrics*, 119(1), 182-191.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? a literature review of empirical studies on gamification. In *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 3025-3034).
- Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Berk, L. E., & Singer, D. (2009). *A Mandate for Playful Learning in Preschool: Presenting the Evidence*. Oxford University Press.
- Ke, F. (2008). A case study of computer gaming for math: Engaged learning from gameplay? *Computers & Education*, 51(4), 1609-1620.
- Kirriemuir, J., & McFarlane, A. (2004). *Literature review in games and learning*. Futurelab Series.
- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.
- Vos, N., Van der Meijden, H., & Denessen, E. (2011). Effects of constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy use. *Computers & Education*, 56(1), 127-137.



Compuestos fenólicos totales en hojas de Neem (*Azadirachta indica*) del norte peruano: Efectos del secado y extracción asistida por ultrasonidos

Total phenolic compounds in Neem leaves (*Azadirachta indica*) from Northern Peru: Effects of drying and ultrasound-assisted extraction

-  [Espinoza-Espinoza, Luis Alfredo¹](#)
-  [Muñoz-More, Henry Daniel¹](#)
-  [Nole-Jaramillo, Juliana Maricielo¹](#)
-  [Ruiz-Flores, Luis Alberto¹](#)
-  [Gutiérrez-Valverde, Karina Silvana¹](#)
-  [Moreno-Quispe, Luz Arelis¹](#)
-  [Cornelio-Santiago, Heber Peleg¹](#)

¹Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Recibido: 29 Nov. 2024 | Aceptado: 30 Nov. 2024 | Publicado: 15 Oct. 2024

Autor de correspondencia*: lespinozae@unab.edu.pe

Cómo citar este artículo: Espinoza-Espinoza, L.A., Muñoz-More, H.D., Nole-Jaramillo, J.M., Ruiz-Flores, L.A., Gutiérrez-Valverde, K.S., Moreno-Quispe, L.A. y Cornelio-Santiago, H.P. (2024). Compuestos fenólicos totales en hojas de Neem (*Azadirachta indica*) del norte peruano: Efectos del secado y extracción asistida por ultrasonidos. *Revista Científica Aypate*, 3(3), 60-73. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i3.118>

RESUMEN

Introducción: Las hojas de *Azadirachta indica* (Neem) son reconocidas por sus propiedades bioactivas. Este estudio evaluó el impacto de la temperatura de secado y la extracción asistida por ultrasonidos (EAU) en el contenido fenólico total de las hojas de Neem del norte del Perú. **Métodos:** Se recolectaron hojas de Neem del campus de la Universidad Nacional de Frontera. Estas se lavaron, secaron a temperaturas controladas (50, 60, 70 y 80 °C), molieron y almacenaron. La EAU se realizó utilizando etanol al 96% (2:40 p/v), frecuencias de 37 y 80 kHz durante 20, 30 y 40 minutos. También se realizó una extracción convencional por agitación para comparación. El contenido fenólico total se cuantificó usando el método de Folin-Ciocalteu. Se empleó un diseño factorial 4x2x3, analizando los datos mediante ANOVA y prueba de Tukey. **Resultados:** La temperatura de secado y las condiciones del ultrasonido influyeron significativamente en el contenido fenólico total. El mayor contenido (2177.3 ± 50.5 mg de GAE/100 g de hoja) se obtuvo con secado a 50 °C y ultrasonido a 37 kHz durante 30 minutos. El contenido más bajo se registró a 80 °C de secado y ultrasonido a 80 kHz por 20 minutos. **Discusión:** Los resultados sugieren que temperaturas de secado más bajas y tiempos de ultrasonido moderados son más efectivos para preservar los compuestos fenólicos en las hojas de Neem. La EAU es una alternativa prometedora para la obtención de extractos bioactivos que podrían emplearse para el desarrollo de ingredientes o envases funcionales. Se requieren más estudios para optimizar el proceso.

Palabras Clave: Compuestos bioactivos, compuestos fenólicos, EAU, Frecuencia, kHz, extracción convencional.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons, que permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que se cite debidamente la obra original.



ABSTRACT

Introduction: *Azadirachta indica* (Neem) leaves are recognized for their bioactive properties. This study evaluated the impact of drying temperature and ultrasound-assisted extraction (UAE) on the total phenolic content of Neem leaves from northern Peru. **Methods:** Neem leaves were collected from the Universidad Nacional de Frontera campus. They were washed, dried at controlled temperatures (50, 60, 70, and 80 °C), ground, and stored. UAE was performed using 96% ethanol (2:40 w/v), frequencies of 37 and 80 kHz for 20, 30, and 40 minutes. Conventional extraction by agitation was also performed for comparison. Total phenolic content was quantified using the Folin-Ciocalteu method. A 4x2x3 factorial design was employed, analyzing data using ANOVA and Tukey's test. **Results:** Drying temperature and ultrasound conditions significantly influenced the total phenolic content. The highest content (2177.3 ± 50.5 mg GAE/100 g of leaf) was obtained with drying at 50 °C and ultrasound at 37 kHz for 30 minutes. The lowest content was recorded at 80 °C drying and 80 kHz ultrasound for 20 minutes. **Discussion:** Results suggest that lower drying temperatures and moderate ultrasound times are more effective in preserving phenolic compounds in Neem leaves. UAE is a promising alternative for obtaining bioactive extracts that could be used for the development of functional ingredients or packaging. Further studies are needed to optimize the process.

Keywords: Bioactive compounds, phenolic compounds, UAE, frequency, kHz, conventional extraction.

1.INTRODUCCIÓN

La biodiversidad de las plantas medicinales forma parte de la comunidad biológica que lucha contra las enfermedades y brinda la oportunidad de aprovecharlas como fuente de formulaciones farmacéuticas (Hamad et al., 2021). Entre las plantas medicinales, la especie *Azadirachta indica* A.Juss (Neem) tiene un alto valor biológico al combatir enfermedades, inhibir microorganismos y evitar los efectos negativos de los antioxidantes sintéticos (Abdulkadir et al., 2017). El árbol Neem pertenece a la familia Meliaceae, sus semillas, hojas, flores, frutos, raíces y corteza se han utilizado para tratar enfermedades debido a su alto valor terapéutico; sin embargo, la mayor concentración de compuestos bioactivos se encuentra en sus semillas y hojas (Braga et al., 2018). El Neem está compuesto por dos clases de compuestos fitoquímicos: isoprenoides y no isoprenoides; la primera clase consiste en vilasininas, limonoides, C-secomeliacinas, triterpenoides y diterpenoides; de este grupo se han detectado la presencia de 64 triterpenoides entre las semillas, corteza y hojas (Godfrey, 1994); mientras que la segunda clase está conformada por carbohidratos, proteínas, compuestos de ácidos fenólicos y taninos (Soma y Satarupa, 2021).

Los estudios informan de que ambas clases actúan contra problemas del cuerpo humano y sobre plagas que afectan a la biodiversidad. En la literatura se ha informado la identificación de 41 metabolitos en el extracto de hojas de Neem, mostrando actividad parasitaria contra *Z. Arugamensis* (Dawood Shah et al., 2021), principalmente los isoprenoides (Salanina, Azadiractina, Nimbolina, Nimbina) presentes en el Neem han demostrado actividad inhibitoria de hasta un 80% de *A. albopictus* (Benelli et al., 2016); los compuestos fenólicos por su parte, son capaces de inhibir el crecimiento fúngico, específicamente en el sistema enzimático de *F. Graminearum* (Heidtmann Bemvenuti et al., 2016). También se informó, que los extractos de hojas de Neem con acetato de etilo concentran la mayor cantidad de terpenos e inhiben el crecimiento de células tumorales como NCI-H460, MCF-7, HeLa y HepG2, reflejando las propiedades anticancerígenas y

antitumorales (Santos et al., 2018). Las hojas de Neem tienen un alto contenido fenólico (Fenoles Totales, $54,87 \pm 1,82$ mg Ácido Tánico/g; Flavonoides 9,85 mg Quercetina/g y Cap Antioxidante; $215 \mu\text{mol}$ Ácido Ascórbico/g) y propiedades antioxidantes (Fong-Lores et al., 2014), propiedades antidiabéticas (Abdel Moaty et al., 2022), antiinflamatorias (Rinaldi et al., 2022) y anti-covid; lo que destaca al Neem como una plata con potencial para el desarrollo de nuevos fitofármacos (Eze et al., 2022).

A pesar de todas las propiedades beneficiosas presentes en el Neem, es caracterizado como "Anti-alimentario", debido al alto contenido de limonoides que le confieren un sabor amargo e indeseable al paladar (Datta et al., 2017; Pijoan, 2004); no obstante, para reducir o aumentar la concentración de compuestos de Neem se han utilizado métodos eficaces como: extracción en fase sólida que promueve la reducción del contenido de limonoides (Datta et al., 2017; Ji-Won et al., 2013), la absorción mediante resinas poliméricas para reducir el sabor amargo (Fayoux et al., 2007) y la extracción asistida por ultrasonidos para lograr mayores concentraciones de compuestos bioactivos extraídos del Neem (Tiwari, 2015).

La extracción asistida por ultrasonidos (EAU) es una técnica moderna de extracción sólido-líquido; demuestra ventajas en la transferencia de masa, mejora el rendimiento del proceso, es eficiente en el tiempo y fácil de usar (S. P. Shewale et al., 2022). La transferencia de masa se produce en la pared celular externa de la muestra debido al proceso de cavitación acústica, responsable de la separación y ruptura de las burbujas de aire (Shirsath et al., 2012). El resultado de la cavitación presenta turbulencias y corrientes de fluido en el sistema, provocando un aumento significativo de la tasa de transferencia y del rendimiento de extracción (Rokhina et al., 2009; Yang y Zhang, 2008). El movimiento de las ondas ultrasónicas a través de la fase fluida genera burbujas de cavitación causadas por el llenado de vacío; la presión y la temperatura tienden a aumentar en función de la disrupción de las burbujas con ciclos crecientes de compresión y expansión de la fase. Los efectos causados por el aumento de la temperatura dan lugar a un aumento de la velocidad de movimiento del disolvente, la ruptura de la pared celular, la difusión del disolvente en el sólido celular, la disminución del tamaño de las partículas, la velocidad de colisión de las partículas y la transferencia de masa y la eficiencia de extracción (Charpe y Rathod, 2012; Rao y Rathod, 2015; Vetel et al., 2013).

Estudios sugieren que tanto las condiciones preparación de la muestra y de extracción afectan significativamente el contenido fenólico recuperado de las hojas de Neem (Patil et al., 2022; Sejali y Anuar, 2011; S. Shewale y Rathod, 2018; Vats, 2015). De hecho, en la etapa de secado se promueve descomposición térmica de los ingredientes activos; así también, durante el proceso de molienda (Sejali y Anuar, 2011; Vats, 2015); un estudio reveló que un proceso de secado rápido a 110°C seguido de un secado al aire ayudaba a lograr la máxima retención de compuestos bioactivos y actividad antioxidante, en comparación a un secado a temperaturas de 4°C , 20°C y temperatura ambiente (Vats, 2015). No obstante, también se reportó contenidos de fenólicos mayores en el polvo obtenido de hojas de *Azadirachta indica* secadas a la sombra en comparación con las hojas secadas al horno a 45°C o 70°C (Sejali y Anuar, 2011).

Por su parte, durante la extracción asistida por ultrasonido de hojas de Neem, el tamaño de las partícula del polvo, seguido por la temperatura, el tiempo de irradiación y la relación sólido-líquido, son los factores que afectan significativamente el rendimiento de extracción, considerando las condiciones óptimas se podría obtener la extracción de 30 mg GAE/g de compuesto fenólicos (Patil et al., 2022). Otros estudios revelaron, la extracción de compuesto fenólicos de hojas de Neem de hasta 10.8 mg GAE/g y 11,87 mg de GA/g respectivamente en condiciones optimizadas (S. P. Shewale et al., 2022; S. Shewale y Rathod, 2018). En definitiva, la extracción asistida por ultrasonidos, disminuye

eficientemente el tiempo de extracción y mejoró marginalmente el rendimiento de TPC de las hojas de *A. indica* (S. P. Shewale et al., 2022).

En la región Piura abunda una producción de árboles de Neem y por sus propiedades beneficiosas se ha extraído el aceite esencial para su uso como repelente natural (Llanos Gonzáles et al., 2020) y bioinsecticida frente a los repelentes o insecticidas químicos convencionales, pero no se ha estudiado las técnicas de extracción de los compuestos fenólicos de las hojas de Neem de esta región. Por esta razón, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de secado y la extracción asistida por ultrasonidos en la cuantificación del contenido fenólico total de las hojas de Neem en el norte de Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestra y reactivos

Las hojas de Neem fueron recolectadas en la Universidad Nacional de Frontera (UNF) - Sullana, en los meses de febrero y marzo del año 2023. Las hojas fueron seleccionadas y trasladadas al laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos de la UNF, para el desarrollo del estudio. Se obtuvieron, ácido gálico, Folin-Ciocalteu, carbonato de sodio de Sigma-Aldrich (ACS, Lima, Perú) y etanol (96% de pureza).

2.2. Preparación de la muestra y secado

Las hojas de Neem se lavaron 3-4 veces continuamente con agua potable y se deshidrataron en un secador de bandeja (Deshidratador ST-01, 40-90°C) a cuatro temperaturas diferentes (50, 60, 70 y 80°C) durante 6 horas. Las hojas secas se sometieron a molienda en un molino triturador (A-S 3000 cap. 11kg) durante 4 minutos con una pausa cada 2 minutos. El polvo de hoja de Neem se almacenó en recipientes de vidrio herméticamente cerrados.

2.3. Extracción de compuestos fenólicos

Preparación de muestras

La extracción se realizó utilizando alcohol al 96%, en una proporción 2:40 p/v con respecto a la muestra, la homogeneización se realizó en frascos de vidrio con tapas metálicas, el proceso fue por triplicado.

2.3.1. Extracción asistida por ultrasonidos (EAU)

Los frascos conteniendo el polvo de hojas de Neem (2g) y etanol (20 mL) se sumergieron en la canasta de alambre de acero inoxidable del baño de ultrasonido (P 30 H-ELMA), el proceso se realizó a 2 frecuencias (37 y 80 khz); durante 3 tiempos (20, 30 y 40 minutos); a 100% de potencia y temperatura ambiente (25 °C). Al final del proceso de baño de ultrasonidos, los extractos se centrifugaron a 4500 rpm durante 20 minutos, se recuperó el sobrenadante. Los extractos se homogeneizaron según cada tratamiento y se protegieron de la luz con papel de aluminio, se etiquetaron y se almacenaron en congelación hasta su análisis.

2.3.2. Extracción por agitación convencional (EAC)

El polvo de hojas de Neem (2g) y etanol al 96% (20 mL) fueron sometidos a agitación magnética a 2500 rpm durante tres tiempos diferentes (20, 30 y 40 minutos). Cada tratamiento fue centrifugado a 4500 rpm durante 20 minutos, el sobrenadante fue recuperado y homogenizado (extracto). Los extractos fueron protegidos de la luz con papel aluminio, etiquetados y almacenados en congelación hasta su análisis.

2.4. Determinación del contenido de Compuestos Fenólicos Totales (TPC)

El ensayo colorimétrico se realizó mezclando 1.364 mL de agua destilada; 0.3 mL de extracto y 136 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu, la solución resultante se dejó reposar a

temperatura ambiente durante 8 min en un lugar oscuro. A continuación, se añadieron 1,2 mL de descarbonato sódico al 7,5% y la reacción se completó tras 2 h en oscuridad a temperatura ambiente. La absorbancia se registró en un espectrofotómetro UV-Visible (Genesys, S-150, 6287015) a 760 nm. La cuantificación se realizó mediante una curva de calibración de ácido gálico en el rango de 10 a 60 ppm ($R^2 = 0.9998$). Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico (GAE) por cada 100 gramos de muestra.

2.5. Análisis de datos

En el desarrollo de la investigación se empleó un diseño estadístico factorial con arreglo 4x2x3; factor temperatura (50,60,70 y 80°C), frecuencia (37 y 80 kHz) y tiempo de extracción por ultrasonidos (20, 30 y 40 minutos) como se muestra en la Tabla 4.

3.RESULTADOS

3.1. TPC de polvo de cladodios de nopal, utilizando diferentes temperaturas de secado, frecuencia y tiempo de ultrasonidos.

El contenido fenólico total de *Azadirachta indica* se obtuvo a partir de los diferentes factores establecidos; los resultados se expresaron en mg GAE/100g. El diagrama de Pareto mostró los resultados del efecto estandarizado entre cada factor; se utilizó el análisis de varianza ANOVA para demostrar la significancia e interacción de los factores; finalmente, mediante las comparaciones por pares de Tukey, se estableció la diferencia significativa entre los tratamientos; la Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 13.

*Valores de compuestos fenólicos totales (mg GAE/100 g) en *Azadirachta indica* (Neem)*

Tipo de extracción	N°	Condiciones de extracción				TPC
		Secado	Agitación	Ultrasonidos		
		T(°C)	t (min)	F (Khz)	T (min)	
ECA	1	50	20	-	-	1745.3 ± 54.4 ^b
	2	50	30	-	-	1041.0 ± 36.5 ^{hij} kl
	3	50	40	-	-	1037.0 ± 30.2 ^{hij} kl
	4	60	20	-	-	822.0 ± 21.1 ⁿ
	5	60	30	-	-	929.0 ± 30.8 ^{klmn}
	6	60	40	-	-	1284.7 ± 21.5 ^{def}
	7	70	20	-	-	1307.0 ± 65.8 ^{de}
	8	70	30	-	-	976.0 ± 45.0 ^{ijklm}
	9	70	40	-	-	1346.3 ± 69.9 ^d
	10	80	20	-	-	855.0 ± 20.8 ^{mn}
	11	80	30	-	-	1065.0 ± 48.1 ^{hij} k
UEA	12	80	40	-	-	996.0 ± 40.8 ^{ijkl}
	13	50	-	37	20	1707.4 ± 25.1 ^b
	14	50	-	37	30	2177.3 ± 50.5 ^a
	15	50	-	37	40	1057 ± 29.4 ^{hijk}
	16	50	-	80	20	1070.88 ± 15.16 ^{hi} j

17	50	-	80	30	1765.7±68.4 ^b
18	50	-	80	40	977.5±44.5 ^{jk l m}
19	60	-	37	20	1342.2±41.0 ^d
20	60	-	37	30	1495.7±78.0 ^c
21	60	-	37	40	1528.6±71.7 ^c
22	60	-	80	20	1239.3±18.3 ^{d e f}
23	60	-	80	30	808.4±18.9 ⁿ
24	60	-	80	40	1231.1±30.9 ^{d e f g}
25	70	-	37	20	1000.7±39.9 ^{jk l}
26	70	-	37	30	1073.3±46.5 ^{h i j}
27	70	-	37	40	1734.9±74.6 ^b
28	70	-	80	20	827.7±34.1 ⁿ
29	70	-	80	30	1096.7±40.2 ^{g h i j}
30	70	-	80	40	1146.4±54.7 ^{f g h i}
31	80	-	37	20	1018.59±6.36 ^{i j k}
32	80	-	37	30	1172.1±17.9 ^{e f g h}
33	80	-	37	40	1302.7±37.3 ^{d e}
34	80	-	80	20	1287.8±28.5 ^{d e}
35	80	-	80	30	916.3±21.7 ^{l m n}
36	80	-	80	40	1094.2±19.3 ^{g h i j}

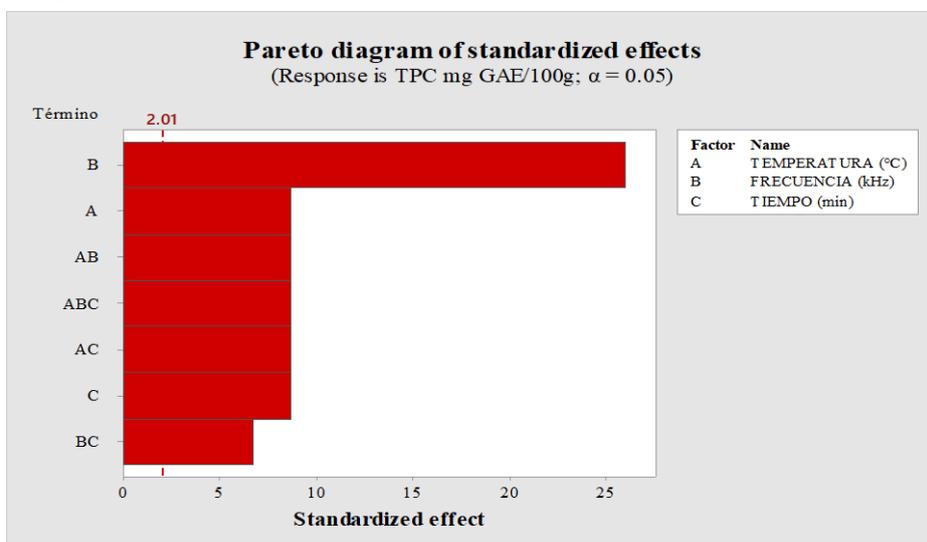
*Diferentes superíndices (a-n) en la columna TPC, indican diferencia significativa entre los tratamientos. EAU= Extracción asistida por ultrasonidos, CSE= Extracción convencional, N°=Número de tratamiento.

T: Temperatura; t: tiempo; F: Frecuencia; TPC: Compuestos Fenólicos Totales expresados en mg GAE/100 gr.

La Figura 1 muestra los efectos estandarizados de cada factor sobre la variable de respuesta en condiciones de valor absoluto, del menor al mayor efecto, mientras que la figura 2 muestra el efecto específico generado por cada factor según el mejor resultado del contenido fenólico total; por último, la figura 3 muestra la interacción de los factores, demostrando la significación resultante del análisis de la varianza.

Figura 13.

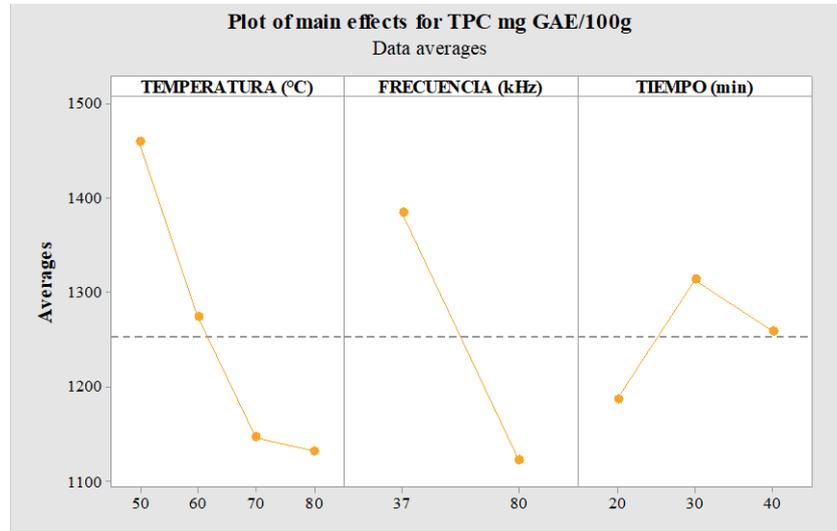
Diagrama de Pareto de los efectos normalizados en el contenido de TPC



El factor que presenta el mayor efecto normalizado es la frecuencia de los ultrasonidos (37 y 80 kHz), la intervención de las dos medidas modifica significativamente el mayor valor absoluto del diagrama de Pareto; sin embargo, la relación entre el tiempo y la frecuencia muestra el menor efecto normalizado.

Figura 2.

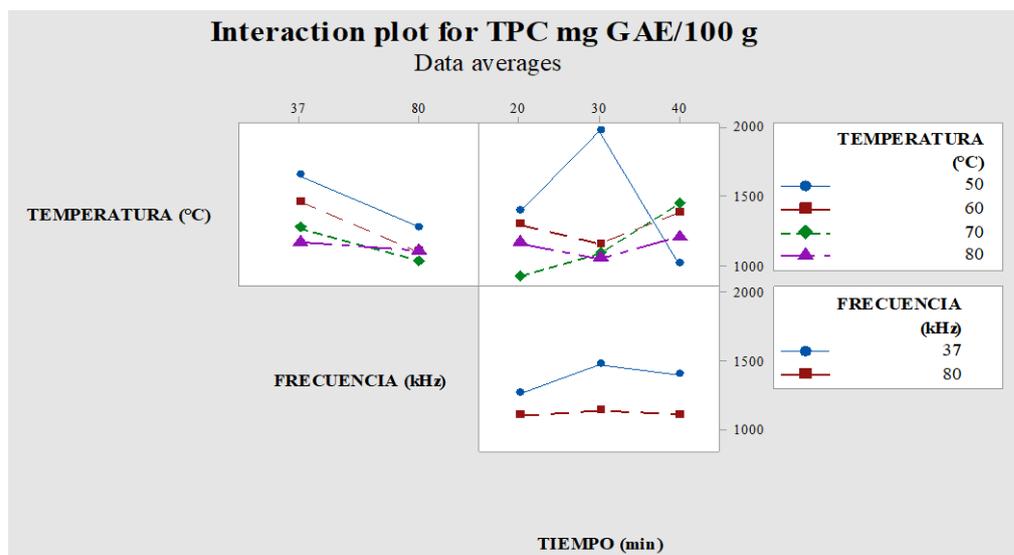
Efecto de los factores (temperatura, frecuencia y tiempo de ultrasonidos) en el TPC de las hojas de Azadirachta indica



Se obtiene un mayor contenido de TPC a 50°C, a medida que aumenta la temperatura, el contenido de TPC disminuirá progresivamente; paralelamente, la frecuencia a 37 kHz muestra eficiencia en la extracción del mayor contenido fenólico; sin embargo, el tiempo muestra un comportamiento particular, el TPC aumenta a los 30 minutos y disminuye a los 20 y 40 minutos.

Figura 3.

Interacción de los factores (temperatura de secado, frecuencia y tiempo de ultrasonidos) sobre el TPC en hojas de Neem.



4.DISCUSION

El análisis de compuestos fenólicos totales se realizó en polvo de hoja de *Azadirachta indica* A.Juss, los principales metabolitos secundarios presentes en la hoja son: nimbineno, nimbandiol, nimocinal, quercetina, rutina, nimbolide, vilasinina, β -sitosterol y glicoproteína (Paul et al., 2011); la concentración de todos los metabolitos determina la cantidad de TPC, los resultados de la Tabla 1 evidencian que la cuantificación se encuentra en un rango de 2177,3 y 808,4 mg GAE/100 gramos, mayor contenido mostrado por (Khairy et al., 2022) al identificar 23 compuestos fenólicos en hojas de *Neem* con un valor promedio total de 8101. 01 μ g/100 g; en cuanto a (Hamad et al., 2021) los valores oscilaron entre 174,1 y 52,6 mg GAE/ gramos y en la investigación de (Fong-Lores et al., 2014) el valor fue de 54,87 \pm 1,82 mg ácido tánico/ gramos en hojas de *Neem* secadas a temperatura ambiente; sin embargo, el resultado de (Hismath et al., 2011) fue dos veces superior (4661. 17 mg GAE/ 100 g) que el valor del tratamiento 14; este comportamiento está relacionado con la polaridad de la acetona-agua y los compuestos fenólicos polares, cumpliéndose el principio de "Lo semejante disuelve lo semejante" descrito por el químico Alfredo Pérez Rubalcaba y confirmado por (Saha Tchinda et al., 2021), explicando que los compuestos fenólicos son más solubles con disolventes polares; bajo etanol obtuvieron 37,5 \pm 0,2 mg GAE/g de aceite de semilla de *Neem*, mientras que con Hexano obtuvieron 16,80 \pm 0,05 mg GAE/g de aceite de semilla de *Neem*; sin embargo, los procesos de extracción de compuestos fenólicos en su forma sólida y aplicaciones alimentarias disminuyen el contenido total, causado por los tratamientos térmicos utilizados en el proceso; los resultados de extracción de (Braga et al., 2018) fueron de 40.415 \pm 0.566 y 45.200 \pm 0.569 mg GAE/gramos; mientras que en miel de *Neem* fue de 20.31 \pm 0.05 mg GAE/100 gramos (Devi et al., 2018) y en té de hojas seca fue de 12 mg GAE/gr (Datta et al., 2017); sin embargo, distintas partes de la planta de *Neem* presentan un contenido favorable de TPC; (Hossain et al., 2014) , determinó que las semillas de *Neem* son una fuente abundante de compuestos fenólicos, el máximo contenido fue de 238.81 \pm 0.98 mg/g de GAE de extracto seco; sin embargo, (Abdulkadir et al., 2017) comparó el contenido de TPC de hojas, semillas y corteza de *Neem*, lo cual resultan tener 136.45 \pm 0.99, 30.43 \pm 1.16 y 285.77 \pm 4.49 mg GAE/g.

a) Efecto de la temperatura de secado

La temperatura y el tiempo son parámetros fundamentales que participan del proceso de extracción debido que, el aumento de temperatura estimula la aceleración del movimiento celular, solubilidad y penetración de los componentes extraído, sin embargo algunos de los componentes biológicamente activos son termolábiles debido a la degradación química o erosión química (S. Shewale y Rathod, 2018). La figura 02 indica que se obtiene una alta concentración de compuestos fenólicos totales al dejar secar las hojas de *Neem* a 50°C, este comportamiento se evidencio en la investigación de (Sejali y Anuar, 2011) al comparar tres sistemas de secado (bajo sombra, en horno a 45°C y 70°C) la mayor concentración de compuestos fenólicos se vio reflejada en el método secado a la sombra (135 mg/g) seguido del secado al horno a 45°C (120mg/g) y finalmente a 70°C (76mg/g); este efecto térmico no solo ocurre en hojas de *Neem*; Hidar et al. (2020), demostraron que la temperatura de secado afecta significativamente la cantidad de contenido fenólico y flavonoides en la hoja de *Stevia* al someterlas a 50, 60, 70 y 80°C (84 mg GAE/gr, 81 mg GAE/gr, 55 mg GAE/gr y 43 mg GAE/gr) disminuyendo más del 50% del total (271 mg GAE/gr en hojas frescas); la investigación similar de (Castillo Téllez et al., 2018) agrega que el incremento de temperatura no solo afecta el contenido total de compuestos fenólicos sino también el color y el contenido de flavonoides.

b) Extracción asistida por ultrasonido frente a la extracción convencional por agitación

La cavitación es uno de los responsables de elevar la tasa de extracción asistida por ultrasonido debido que, los tejidos biológicos están expuestos a sufrir cizallamientos significativos, aumentando su permeabilidad y facilidad de liberación de compuestos intracelulares (Yu et al., 2016), según la tabla 1 se evidencia que la intervención de ultrasonido ha mejorado los valores de TPC (2177.3 ± 50.5 mg GAE/100gr) frente a una extracción por agitación convencional (1041.0 ± 36.5 mg GAE/100gr). La concentración máxima asistida por ultrasonido de TPC se obtiene a 30 minutos, mientras que, por agitación convencional la máxima concentración es de 1745.3 ± 54.4 mg GAE/ 100 gr se obtuvo por 20 minutos; en este caso la temperatura de extracción es la responsable de romper las paredes celulares y extraer la mayor cantidad de compuestos bioactivos.

c) Condiciones de extracción asistida por ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido, es considerada una tecnología verde, debido a la eficacia, reducción significativa del tiempo y su viabilidad económica (Rokhina et al., 2009). La figura 1 (Diagrama de Pareto de efectos estandarizados) señala que la frecuencia de ultrasonido ocasiona un efecto significativo sobre el contenido de fenólicos totales debido a que el ultrasonido promueve una mejor penetración del disolvente en los tejidos celulares, ocasionando el cizallamiento de los tejidos que conducen la liberación de compuestos bioactivos; (Saha Tchinda et al., 2021).

A pesar que no se ha considerado la temperatura de extracción del baño de ultrasonidos como un factor; juega un papel importante al tener una relación directa con el tiempo de extracción; mientras el tiempo de extracción sea mayor, progresivamente incrementara la temperatura, según la figura 2, el tiempo adecuado para obtener la mayor cantidad TPC es durante 30 minutos de extracción, al alcanzar los 40 minutos provoca la erosión química de algunos componentes biológicos; este efecto térmico ocurre en función a la disrupción de las burbujas con el aumento de los ciclos de compresión y expansión de la fase, provocando una penetración elevada en el medio celular primario y liberando rápidamente moléculas ácidas (Taralkar et al., 2016). El incremento de temperatura ocasiona un aumento en la velocidad de movimiento del disolvente, debido a que su viscosidad disminuye y facilita la expansión del disolvente a través de los poros celulares (S. P. Shewale et al., 2022); sin embargo, por el efecto térmico se incrementa la presión de vapor del disolvente, provoca rupturas en las burbujas formadas, obstruye los poros y la tensión superficial de las burbujas de cavitación; produciendo su ruptura al mínimo esfuerzo (Gogate et al., 2003; Panda y Manickam, 2019).

En consecuencia los valores de enriquecimiento disminuyen de la transferencia de masa por acción de las burbujas a elevadas temperaturas que colapsan a una intensidad menor; por lo tanto, la extracción debe realizarse a temperaturas y tiempos adecuados con el fin de obtener resultados de cavitación óptimos; (S. P. Shewale et al., 2022) realizo un calentamiento exterior mínimo para la UAE a 20, 30, 40 y 50°C obteniendo durante 4 minutos 7.96; 8.76; 9.78 y 10.15 mg GAE/gr de polvo y durante 14 minutos 9.93, 10.75, 11.47 y 11.82 mg GAE/ gr de polvo de hojas de Neem; mientras que, el resultado con más alto contenido fenólico fue durante 30 minutos de extracción y a 50°C como temperatura de secado 2177.3 ± 50.5 mg GAE/100 gr de polvo de hoja de Neem.

5. CONCLUSIONES

La investigación demostró que la EAU es un método eficaz para obtener compuestos fenólicos de las hojas de Neem del norte peruano. Los resultados revelaron que la combinación de factores que produjo el mayor TPC fue una temperatura de secado de

50°C, una frecuencia de ultrasonido de 37 kHz y un tiempo de extracción de 30 minutos, alcanzando 2177.3 ± 50.5 mg GAE/100 g de polvo de hoja de Neem. Se observó que temperaturas de secado superiores a 50°C resultaban en una disminución del contenido fenólico total, debido a la degradación térmica de los mismos. La EAU demostró ser más eficiente que la extracción convencional por agitación, presentándose como una alternativa prometedora para la obtención de extractos ricos en compuestos fenólicos que podrían emplearse como conservantes naturales o ingredientes funcionales en alimentos. Estos hallazgos son particularmente relevantes en el contexto actual, donde existe una creciente demanda de aditivos alimentarios naturales y soluciones de envasado sostenibles. Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar la optimización del proceso, la actividad antimicrobiana y antioxidante específica de los extractos obtenidos en sistemas alimentarios reales y explorar su eficacia en la extensión de la vida útil de los alimentos.

6. CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

6. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

HDM-M y JMN-J: Redacción: Borrador original, Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Investigación; **LAR-F:** Redacción: borrador original, Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Metodología, Investigación, Curación de datos, Análisis formal; **KSG-V, LAM-Q y HPC-S:** Redacción: revisión y edición, Supervisión, Validación, Análisis formal, Curación de datos, Visualización; **LAE-E:** Redacción: Borrador original, Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Investigación, Análisis formal, Curación de datos, Supervisión.

7. FINANCIAMIENTO

Esta investigación no recibió apoyo financiero.

8. DECLARACIÓN ÉTICA: INVESTIGACIÓN CON SERES HUMANOS Y ANIMALES

Los autores declaran que no se realizaron experimentos en seres humanos ni en animales durante la presente investigación

9. ABREVIATURAS

EAU: Extracción Asistida por Ultrasonidos

GAE: Equivalente de Ácido Gálico

TPC: Total Compounds Phenolic

10. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Frontera por facilitar el acceso a sus laboratorios de investigación, lo que permitió llevar a cabo el presente estudio.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abdel Moaty, A. A., El-Kholie, E. A., y Adarous, R. A. (2022). The Anti-Diabetic Effect of Neem Leaves (*Azadirachta indica*,) in Alloxan-Induced Diabetic Rats. *Journal of Home Economics*, 32(2), 19-31.

- Abdulkadir, A. R., Mat, N., y Jahan, S. (2017). In-vitro Antioxidant Potential in Leaf , Stem and Bark of *Azadirachta indica*. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci*, 40(4), 497-506.
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Pavela, R., y Nicoletti, M. (2016). Neem (*Azadirachta indica*): Towards the ideal insecticide ? *Natural Product Research*, 6419, 1-18. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1214834>
- Braga, D. L., Mota, S. T. S., Zoia, M. A. P., Lima, P. M. A. P., Orsolin, P. C., Vecchi, L., Nepomuceno, J. C., Fürstenau, C. R., Maia, Y. C. P., Goulart, L. R., y Araujo, T. G. (2018). Ethanolic Extracts from *Azadirachta indica* Leaves Modulate Transcriptional Levels of Hormone Receptor Variant in Breast Cancer Cell Lines. *Molecular Sciences*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijms19071879>
- Castillo Téllez, M., Pilatowsky Figueroa, I., Castillo Téllez, B., López Vidaña, E. C., y López Ortiz, A. (2018). Solar drying of *Stevia* (*Rebaudiana Bertoni*) leaves using direct and indirect technologies. *Solar Energy*, 159, 898-907. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.11.031>
- Charpe, T. W., y Rathod, V. K. (2012). Extraction of glycyrrhizic acid from licorice root using ultrasound: Process intensification studies. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 54, 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.01.002>
- Datta, A., Grün, I. U., Kwasniewski, M. T., y Fernando, L. N. (2017). Comparison of Two Adsorbent Based de-Bittering Procedures for Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) Tea- Effect on Polyphenols , Anti-Oxidant Capacity , Color and Volatile Profile. *Plant Foods for Human Nutrition*, 10-17. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0595-9>
- Dawood Shah, M., Venmathi Maran, B. A., Maran, V., Kit Tan, J., Soon Yong, Y., Fui Fui, C., Muhamad Shaleh, S. R., y Shapawi, R. (2021). The anti-leech potential of the solvent extract of Bornean neem leaves and ultra-high performance liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry profiling. *Journal of King Saud University - Science*, 33(6), 101541. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101541>
- Devi, A., Jangir, J., y K.A., A. A. (2018). Chemical characterization complemented with chemometrics for the botanical origin identification of unifloral and multifloral honeys from India. *Food Research International*, 107, 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.017>
- Eze, M. O., Ejike, C. E. C. C., Ifeonu, P., Udeinya, I. J., Udenigwe, C. C., y Uzoegwu, P. N. (2022). Anti-COVID-19 potential of *Azadirachta indica* (Neem) leaf extract. En *Scientific African* (Vol. 16, p. e01184). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01184>
- Fayoux, S., Hernandez, R., y Holland, R. (2007). The Debittering of Navel Orange Juice Using Polymeric Films. *Food Engineering and Physical Properties*, 72. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00283.x>

- Fong-Lores, O., Berenguer-Rivas, C., de la Vega Acosta, J., Wawoe-Díaz, N., y Puente-Zapata, E. (2014). Antioxidant potential of an aqueous leaf extract of Neem (*Azadirachta Indica* A. Juss). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(2), 205-207.
- Godfrey, C. R. A. (1994). *Agrochemicals from natural products*. CRC Press. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)90095-0](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)90095-0)
- Gogate, P. R., Wilhelm, A. M., y Pandit, A. B. (2003). Some aspects of the design of sonochemical reactors. *Ultrasonics Sonochemistry*, 10(6), 325-330. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(03\)00103-2](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(03)00103-2)
- Hamad, G. M., Mohdaly, A. A. A., El-Nogoumy, B. A., Ramadan, M. F., Hassan, S. A., y Zeitoun, A. M. (2021). Detoxification of Aflatoxin B1 and Ochratoxin A Using *Salvia farinacea* and *Azadirachta indica* Water Extract and Application in Meat Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193(10), 3098-3120. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03581-1>
- Heidtmann Bemvenuti, R., Moser Tralamazza, S., Jorge Ferreria, C. F., Correa, B., y Badiale Furlong, E. (2016). Effect of natural compounds on *Fusarium graminearum* complex. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 3998-4008. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7591>
- Hidar, N., Ouhammou, M., Mghazli, S., Idlimam, A., Hajjaj, A., Bouchdoug, M., Jaouad, A., y Mahrouz, M. (2020). The impact of solar convective drying on kinetics, bioactive compounds and microstructure of stevia leaves. *Renewable Energy*, 161, 1176-1183. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.124>
- Hismath, I., Wan Aida, W. M., y Ho, C. W. (2011). Optimization of extraction conditions for phenolic compounds from neem (*Azadirachta indica*) leaves. *International Food Research Journal*, 18(3), 931-939.
- Hossain, M. D., Sarwar, M. S., Dewan, S. M. R., Hossain, M. S., Shahid-Ud-Daula, A., y Islam, M. S. (2014). Investigation of total phenolic content and antioxidant activities of *Azadirachta indica* roots. *Avicenna journal of phytomedicine*, 4(2), 97-102.
- Ji-Won, L., Cho-Long, J., Ki Chang, J., Geun-Hyoung, C., Hee-Dong, L., y Jin Hyo, K. (2013). *Investigation on the insecticidal limonoid content of commercial biopesticides and neem extract using solid phase extraction*. 2(4), 81-85.
- Khairy, D., Osman, M. A., y Mostafa, F. A. M. (2022). Combined use of Aqueous Plant Extracts for Controlling *Meloidogyne incognita* and Modulating Chemical Constituents in Tomato under Greenhouse Conditions. *Pakistan Journal of Nematology*, 40, 1-11. <https://doi.org/10.17582/JOURNAL.PJN/2022/40.1.1.11>
- Llanos Gonzáles, A., Sánchez Suárez, H., Ochoa Mogollón, G., Peralta Ortiz, T., y Ordinola-Zapata, A. (2020). Repellent effect of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) against mosquitoes (*Anophelex* spp) in piglets. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 31(1), 1-11. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17544>

- Panda, D., y Manickam, S. (2019). Cavitation technology-the future of greener extraction method: A review on the extraction of natural products and process intensification mechanism and perspectives. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/app9040766>
- Patil, S. S., Deshannavar, U. B., Ramasamy, M., y Hegde, P. G. (2022). Modeling and optimisation studies on the ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Azadirachta indica*. *Chemical Engineering Communications*, 209(10), 1423-1438. <https://doi.org/10.1080/00986445.2021.1976164>
- Paul, R., Prasad, M., y K.Sah, N. (2011). *Anticancer biology of Azadirachta indica (Neem): A mini review*. 4047. <https://doi.org/10.4161/cbt.12.6.16850>
- Pi Joan, M. (2004). Neem, The Village Pharmacy. *Ethnopharmacy*, 23.
- Rao, P. R., y Rathod, V. K. (2015). Mapping study of an ultrasonic bath for the extraction of andrographolide from *Andrographis paniculata* using ultrasound. *Industrial Crops y Products*, 66, 312-318. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.046>
- Rinaldi, F., Hanieh, P. N., Maurizi, L., Longhi, C., Uccelletti, D., Schifano, E., Del Favero, E., Cantù, L., Ricci, C., Ammendolia, M. G., Paolino, D., Froiio, F., Marianecchi, C., y Carafa, M. (2022). Neem Oil or Almond Oil Nanoemulsions for Vitamin E Delivery: From Structural Evaluation to in vivo Assessment of Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity. *International Journal of Nanomedicine*, 17, 6447-6465. <https://doi.org/10.2147/IJN.S376750>
- Rokhina, E. V, Lens, P., y Virkutyte, J. (2009). Low-frequency ultrasound in biotechnology: State of the art. En *Trends in Biotechnology* (Vol. 27, Número 5, pp. 298-306). <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2009.02.001>
- Saha Tchinda, J. B., Mbitnkeu Fetngna Tchebe, T., Abdou, T., Cheumani Yona, A. M., Fauconnier, M. L., Ndikontar Kor, M., y Richel, A. (2021). Fatty acid profiles, antioxidant, and phenolic contents of oils extracted from *Acacia polyacantha* and *Azadirachta indica* (Neem) seeds using green solvents. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), 0-3. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15115>
- Santos, K. S., Barbosa, A. M., Freitas, V., Muniz, A. V. C. S., Mendonça, M. C., Calhelha, R. C., Ferreira, I. C. F. R., Franceschi, E., Padilha, F. F., Oliveira, M. B. P. P., y Dariva, C. (2018). Antiproliferative activity of neem leaf extracts obtained by a sequential pressurized liquid extraction. *Pharmaceuticals*, 11(3), 76. <https://doi.org/10.3390/ph11030076>
- Sejali, S. N. F., y Anuar, M. S. (2011). Effect of drying methods on phenolic contents of *Neem* (*Azadirachta indica*) leaf powder. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 17(2), 119-131. <https://doi.org/10.1080/10496475.2011.584293>
- Shewale, S. P., Kapadia, M., y Rathod, V. K. (2022). Process Intensification Intensification of total phenolic compounds extraction from *Azadirachta indica* (Neem) leaves by ultrasound. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 181(January), 109099. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.109099>

- Shewale, S., y Rathod, V. K. (2018). Extraction of total phenolic content from Azadirachta Indica or (Neem) leaves: Kinetics study. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 6068. <https://doi.org/10.1080/10826068.2018.1431784>
- Shirsath, S. R., Sonawane, S. H., y Gogate, P. R. (2012). Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations—A review of current status. *Chemical Engineering y Processing: Process Intensification*, 53, 10-23. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.01.003>
- Soma, M., y Satarupa, M. (2021). Neem: Treasure of Natural Phytochemicals. *Chem Sci Rev Lett*, 10(39), 369-401. <https://doi.org/10.37273/chesci.cs205205351>
- Taralkar, S. V., Chattopadhyay, S., y Gaikar, V. G. (2016). Parametric optimization and modeling of batch extraction process for extraction of betulinic acid from leaves of Vitex Negundo Linn. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, 51(4), 641-652. <https://doi.org/10.1080/01496395.2015.1105822>
- Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.013>
- Vats, S. (2015). Effect of Initial Temperature Treatment on Phytochemicals and Antioxidant Activity of Azadirachta indica A. Juss. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 178(3), 504-512. <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1890-x>
- Vetal, M. D., Lade, V. G., y Rathod, V. K. (2013). Extraction of ursolic acid from Ocimum sanctum by ultrasound: Process intensification and kinetic studies. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 69, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2013.01.011>
- Yang, Y., y Zhang, F. (2008). Ultrasound-assisted extraction of rutin and quercetin from *Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb. 15, 308-313. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2007.05.001>
- Yu, X., Gouyo, T., Grimi, N., Bals, O., y Vorobiev, E. (2016). Ultrasound enhanced aqueous extraction from rapeseed green biomass for polyphenol and protein valorization partir de biomasse verte Valorisation des polyph éines a de colza par extraction aqueuse assist ee par ultrasons. 19, 766-777. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2016.03.007>