

ISSN N° 3028-9432 (En línea)

# Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 3 - N° 4 - Diciembre 2024

FONDO EDITORIAL



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
FRONTERA

Complejo Arqueológico "Aypate"

Fotografía: Cortesía Proyecto Qhapaq Ñan: Proyecto Integral Aypate, Ayabaca, Piura.

# Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

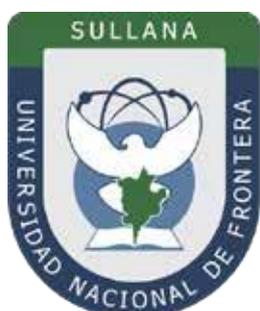
Vol. 3 - N° 4- Diciembre 2024



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

	<b>Pg.</b>
1. Editorial	6
2. Artículos científicos	7
2.1. Patrimonio cultural; análisis situacional de las casonas de la provincia de Sullana. David González Espino.	8 – 19
2.2. Relación Dinámica entre Ingreso Disponible y Consumo Privado en el Perú: Un Análisis Econométrico trimestral (2003-2023) Cristhian Nicolas Aldana Yarleque, Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez, Lisbeth Pasache Durand, Marlon Martin Mogollón Taboada, Uliana Zaray Pizarro Hurtado, Victor José Agurto Carreño.	20 – 48
2.3. Impacto del secado y la extracción asistida por ultrasonidos en el contenido fenólico total de pulpa de nopal ( <i>Opuntia ficus</i> ). Ariana Metis Isla Cárdenas, Brayand Yean Pierre Juárez Crisanto, Nancy Maribel Arana Torres, Luis Alberto Ruiz Flores, Henry Daniel Muñoz More, Juliana Maricielo Nole Jaramillo, Luis Alfredo Espinoza Espinoza, Heber Peleg Cornelio Santiago, Jaime Valdiviezo Marcelo	49 – 61
2.4. Remoción de metales pesados de los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá” Ayacucho, utilizando la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ). Herlis Sergio Huallpa Vargas	62 – 80
2.5. Elaboración de bebida alcohólica de pulpa y cáscara de sandía para dar un valor agregado a la fruta en Piura. Gabriel ernesto Borrero Carrasco, Iman More Danny Aldahir, Sanchez Acuña Jherson Gustavo	81 – 92
2.6. Causas de la desnutrición crónica en niños menores de cinco años en el distrito de José María Arguedas – Andahuaylas. Betzabe A. Quispe Hoyos, Mayte B. Valenzuela Ramos, Rosa R. Viguria Villena, Melania A. Oscco Llantoy, Liz A. Rojas-de la Cruz.	93 – 109
2.7. Influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024. Frescy Yacory Castillo Jaramillo, Estrella Roussethe Uría Lara	110-131

**Aypate**  
Revista de Investigación Científica de la UNF  
Vol. 3 N° 4 - Diciembre 2024

Edición: diciembre 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](mailto:udec.dgi@unf.edu.pe)

[www.unf.edu.pe](http://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**

Msc. Cynthia Milagros Apaza Panca

**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 tercer volumen cuatro 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.

Msc. Cynthia Milagros Apaza Panca  
EDITOR EN JEFE



# Artículos Científicos



## Patrimonio cultural; análisis situacional de las casonas de la provincia de Sullana.

Cultural heritage; situational analysis of the mansions in the province of Sullana.

 [González-Espino, David<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Perú.

**Recibido:** 26 Nov. 2024 | **Aceptado:** 27 Nov. 2024 | **Publicado:** 07 Ene. 2025

**Autor de correspondencia\*:** [dgonzales@unf.edu.pe](mailto: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(4), 8–19. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.114>

### RESUMEN

El patrimonio cultural de la provincia de Sullana a nivel de las edificaciones es abundante siendo importante rescatar y valorar la herencia que forma parte del territorio. El objetivo de la investigación fue desarrollar un análisis situacional de la arquitectura de las casonas que están ubicadas en el actual territorio de la provincia de Sullana. En cuanto a la metodología tenemos un enfoque cuantitativo, investigación de tipo básica, y diseño no experimental. En cuanto a los resultados del análisis de 23 casonas identificadas en la provincia de Sullana tenemos que un 91,30% se encuentran ubicadas en el centro histórico del distrito de Sullana, por otro lado, un 47,83% están en buen estado, y un 56,52% actualmente están siendo habitadas. En tal sentido un dato relevante es que el 43,48% de las casonas aún conservan el estilo republicano y sirven como vivienda. Finalmente cabe resaltar que la gestión turística municipal debe promover y valorar las casonas a través del PDTL.

**Palabras clave:** vivienda, centro histórico, edificio, conservación.

### ABSTRACT

The cultural heritage of the province of Sullana at the building level is abundant, and it is important to rescue and value the heritage that is part of the territory. The objective of the research was to develop a situational analysis of the architecture of the mansions that are located in the current territory of the province of Sullana. Regarding the methodology, we have a quantitative approach, basic research, and non-experimental design. Regarding the results of the analysis of 23 mansions identified in the province of Sullana, we have that 91.30% are located in the historic center of the district of Sullana, on the other hand, 47.83% are in good condition, and 56.52% are currently being inhabited. In this sense, a relevant fact is that 43.48% of the mansions still retain the republican style and serve as housing. Finally, it should be noted that municipal tourism management must promote and value the mansions through the PDTL.

**Keywords:** housing, historic center, building, conservation.



## 1. INTRODUCCIÓN

El patrimonio cultural se determina en material e inmaterial de acuerdo al Ministerio de Cultura, así también al patrimonio arqueológico está determinado bajo las categorías; sitio arqueológico, complejo arqueológico monumental, paisaje arqueológico y reservas y parques arqueológicos a través del reglamento de intervenciones arqueológica 2022 del MINCUL.

Por otro lado, tenemos el legado arqueológico que también se denomina histórico a través de la evidencia de las casonas coloniales, y republicanas que forman parte de la historia de cada región.

A nivel histórico el actual territorio de Sullana fue ocupado por culturas prehispánicas como los mochicas, vicus, tallanes, sican, chimú, incas, y los primeros hispanos que ocuparon el Perú a partir de 1532. En cuanto a las fundaciones de Sullana tenemos la primera ocurrida en 1,532 con San Miguel de Tangarara realizada por Francisco Pizarro Gonzalez, en el actual distrito de Marcavelica, y en 1,783 acto realizado por el Arzobispo de la intendencia de Trujillo Baltazar Jaime Martínez de Compañón y Bujanda en el actual distrito de Sullana.

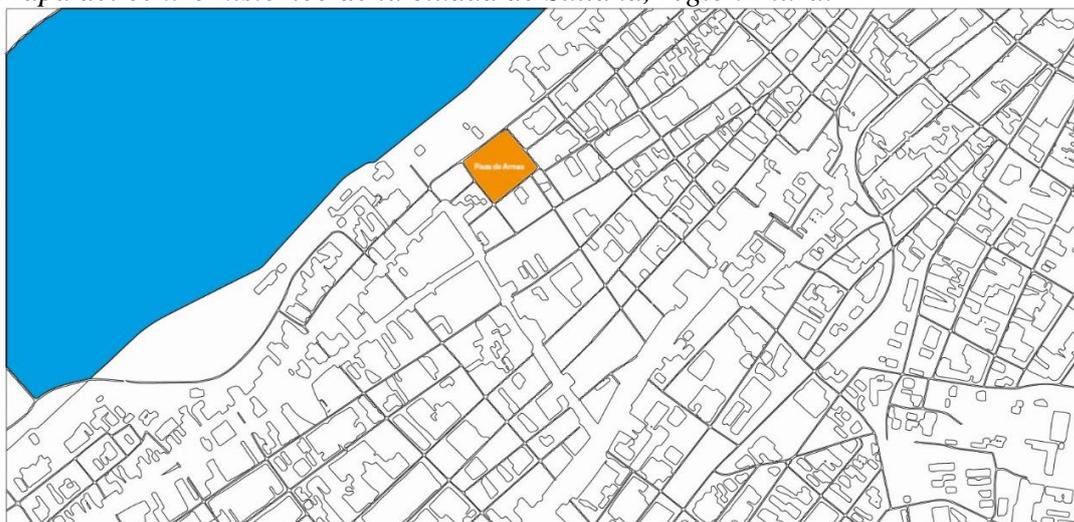
La fundación de San Miguel de Tangarara es recocida como la primera ciudad española fundada en el Perú 1532 de acuerdo al patrón establecido en las fundaciones de los pueblos, villas, ciudades existía una concepción de dividir el territorio en forma de damero (cuadrícula) para establecer un orden ante un panorama donde existe pirámides (huacas) que con frecuencia no aglutinan arquitectura doméstica en su entorno. Por tanto, la villa de San Miguel de Tangarara inicialmente en el entorno a las huacas se debió realizar esos primeros trazos para la construcción de viviendas.

Para la época prehispánica del territorio de Sullana contamos con el sitio arqueológico Tangarara 3 que está ubicado en el actual centro poblado de San Miguel de Tangarara en el distrito de Marcavelica y tiene una filiación cultural Tallan del año 900dc. (Gonzalez, et al., 2024)

En los inicios de Sullana debieron establecerse trazos de carácter ortogonal y posiblemente en damero para la distribución de los primeros solares que se repartieron entre los vecinos, esta forma de la distribución espacial debió ser parecida a las ciudades de Trujillo y Lima.

### Figura 1.

*Mapa del centro histórico de la ciudad de Sullana, región Piura.*



En relación a los diseños de las ciudades se forma inicial la ciudad de Lima fue trazada en un damero de 13x9, mientras tanto la ciudad de Trujillo se determinó bajo un trazo de 8x4. (Gonzalez, 2020)

Las nuevas formas de vida llevaron a compartir y mezclar las culturas a través de conductas, arquitectura, alimentos entre otros que permiten el desarrollo social que se va formando de manera progresiva el patrimonio cultural de la ciudad.

La cultura es una condición básica que está presente en los grupos humanos fomentando estrategias de comunicación y representación que aseguran la identidad en una sociedad. (Grigsby et al., 2011)

Uno de los fenómenos que está relacionado con la transformación de aquello que se puede denominar patrimonio histórico o también patrimonio cultural es el amplio repertorio de bienes que están amparados en él. (Rodríguez, 2010)

Por otro lado, a nivel internacional tenemos una diversidad de declaraciones que tienen la intención de buscar la conservación de los monumentos histórico y arte hecho que se refleja en la carta de Atenas 1931 donde se indica; la conferencia escucha exposiciones de principios generales y teorías sobre protección de monumentos sin embargo detecta que se abandona la intervención integral de los monumentos por cuanto recomienda respetar la obra histórica y artística. (Instituto Nacional de Cultura, 2007)

Así también existe la preocupación por la conservación y restauración de los sitios y monumentos que está estipulada en la carta de Venecia 1964 que indica; la noción de monumento histórico comprende la creación arquitectónica aislada, así como el conjunto urbano o rural del testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa, o de un acontecimiento histórico. Se refiere no sólo a las grandes creaciones sino también a las obras modestas que han adquirido con el tiempo una significación cultural. (Icomos, 1965)

En estos tiempos el patrimonio cultural tangible como es el caso de los espacios arqueológicos que se reflejan en la arquitectura prehispánica y las casonas de corte virreinal y republicana son poco valoradas pasando a perder relevancia e impacto en la sociedad.

**Tabla 1.**

*Criterios para evaluación del valor bien inmueble.*

Época constructiva	Estilo	Conservación	Significado
Se determina a partir del momento de la construcción original del bien.	Identifica la época que plasma en la edificación.	la Estado de conservación en el tiempo de la edificación	Se determina como el valor y la importancia de la edificación.

**Fuente:** Elaboración propia.

El patrimonio cultural se establece como esos bienes materiales o inmateriales que son heredados y son producto del aprendizaje y terminan como una actividad cultural. El patrimonio expresa la esencia de un pueblo, así como el reconocimiento entre los grupos humanos que habitan un territorio. Mediante la cultura se exterioriza el lado espiritual, religioso, conducta social entre otros.

Compartir la herencia cultural permite consolidar una cohesión social entre los grupos humanos ese reconocimiento partiendo de aquellas costumbres que son aceptadas de forma

coincidente. Con el paso del tiempo esas manifestaciones tangibles como la arquitectura, artefactos y objetos pasan a convertirse en patrimonio material de la población.

Los bienes muebles o inmuebles tienen un significado e importancia para los pueblos estos se reflejan en la arquitectura que deja huella en el trazo urbano o rural de un territorio. Como premisa tenemos que el patrimonio cultural promueve en el ciudadano sensaciones de identidad que pueden estar relacionadas al valor del legado que es la esencia misma de los individuos.

Manifestaciones culturales como la arquitectura presentan especial interés en su conservación, exteriorizan una forma de ver la calidad de vida, así como la evolución en el tiempo de una ciudad.

El deterioro con el paso del tiempo de los bienes integrantes del patrimonio cultural debe obligar a la entidad titular como es el Ministerio de Cultura y las Direcciones Desconcentradas de Cultura a nivel nacional establecer procesos de conservación y restauración con asignación presupuestal sin embargo en las visitas de campo demuestran que no se llega a cumplir en su totalidad como esta misión.

Es relevante poner en conocimiento que los proyectos de inversión relacionados al sector cultura pasan por una serie de requisitos para ser viables entre ellos están: la declaratoria de patrimonio cultural, sectorización del bien, y su inscripción en registros públicos SUNARP. (Gonzalez y Rúa, 2022)

Por otro lado, se debe resaltar la ausencia de especialistas en cultura en los gobiernos locales esto refleja tal vez cierto desinterés en el impulso de un modelo para el desarrollo del patrimonio cultural. (Gonzalez, 2022)

El problema de investigación está relacionado a la ausencia de los datos referentes a las características del patrimonio cultural bajo denominación patrimonio histórico como son las casonas de corte republicano en la provincia de Sullana. Existen escasas publicaciones que permitan conocer el estado situacional de los bienes integrantes del patrimonio cultural en la parte norte del país.

A nivel cronológico es importante determinar por cualquier método dataciones en equivalencia a los años que permiten establecer datos certificados que puedan ser confiables. (Gonzalez, 2024)

En cuanto a la etapa republicana se conoce muy poco sobre el estilo arquitectónico que va tomando forma en una ciudad tan importante como Sullana que se va consolidando como destino turístico.

## **Tabla 2.**

*Criterios de intervención en las edificaciones de acuerdo a norma técnica de ministerio de Vivienda 2021.*

<b>Puesta en valor</b>	<b>Obras de acondicionamiento</b>	<b>de Obra remodelación</b>	<b>Obra de ampliación</b>
Las intervenciones para la puesta en valor deben respetar	Se pueden considerar obras de cocción de alimentos, servicios sanitarios permitiendo su	En este caso se permite modificaciones parciales o totales de la edificación.	Estas se pueden realizar en áreas de la parte interior y posterior del lote.

---

volumetría y reparación sin  
altura original. afectar la estructura.

---

En 1920 se comenzó la construcción de la Casona Figallo del centro histórico de Sullana que resistió de forma parcial el terremoto de 1912 siendo la realización de la construcción con material ladrillo para el primer piso, mientras que para el segundo y tercer piso se usó adobe y quincha se mantiene en el tiempo la fachada original. (Carbajal, 2020)

**Figura 2.**

*Fachada cara posterior de la Casona Figallo ubicada en el centro histórico de Sullana.*



Es posible que los cimientos de las actuales casonas que se encuentran en el centro histórico de Sullana fueran de época colonial (Intendencia de Trujillo) y época republicana, sin embargo, hay datos como es el de la casona Cortes que indica que su propiedad está registrada en el año 1950 hecho que puede influenciar en determinar la vigencia de la edificación de época republicana.

La casona Cortes ubicada en el centro de la ciudad de Sullana es un modelo que nace de un solar que fue dividido y dentro de los herederos se encuentra el señor Belisario Cortes inscribiéndose la propiedad en el año 1950, se encuentra restaurada de forma parcial ya que los dueños colindantes no realizan tareas de mantenimiento. Presenta un estilo republicano de carácter doméstico, una sola planta, techo a dos aguas, ventanas con hierro fundido, posibilidad de construcción con materiales de adobe y quincha, ladrillo, yeso.

**Figura 3.**

*Fachada de la Casona Cortes ubicada en el centro histórico de la ciudad de Sullana.*



En cuanto a la Casona de nominada Club Unión es una arquitectura emblemática del centro histórico de Sullana, se ubica de forma cronológica en el año 1911 construida por una familia irlandesa que luego pasa hacer propiedad del Club Unión en 1930. Tiene como característica de ser una sola planta, techo dos aguas, ventanas tipo coloniales, y materiales constructivos como adobe, quincha, caña de guayaquil, yeso, madera, hierro, y ladrillo.

**Figura 4.**

*Fachada de la Casona Club Unión ubicada en el centro histórico de la ciudad de Sullana.*



La casa hacienda el Sojo ubicada en la carretera Paita- Sullana a la altura de la IE Lizardo Otero, en el distrito de Miguel Checa, provincia de Sullana fue construida en 1910 en

terrenos agrícolas, presenta una arquitectura de dos pisos con ventanas y materiales constructivos como adobe, ladrillo, caña, y mármol. Se determina bajo un estilo republicano actualmente está en una fase deterioro importante donde el clima y falta de conservación hacen que la estructura del edificio se debilite.

**Figura 5.**

*Ingreso de la casona El Sojo ubicada en el distrito de Miguel Checha, provincia de Sullana.*



En cuanto a los trabajos relacionados al estado situacional de las casonas que forman parte de la provincia de Sullana existe una escasa información que permite organizar información.

Chinchay y Tavera (2023) desarrollan trabajo de investigación sobre análisis de la actividad turística en la Casona Hacienda Sojo de Sullana. El objetivo del trabajo fue analizar el desarrollo de actividad turística en la Casa Hacienda el Sojo. En cuanto a la metodología fue bajo enfoque cualitativo, diseño no experimental y descriptiva. En cuanto al resultado de la investigación fue que la Casona del Sojo está en mal estado de conservación, así como no se identifica promoción y publicidad del turismo para la zona.

Carbajal (2020) desarrolla trabajo de restauración fachadística de la Casona Figallo en la ciudad de Sullana. El objetivo de la investigación fue conservar la fachada original de la casona en el momento de la remodelación del edificio para su conexión estructural y funcional. En el trabajo diagnóstico se determinó presencia de grietas, fisuras desprendimiento en toda la edificación. Así también se determina lesiones químicas mediante la oxidación, y lesiones biológicas mediante insectos. En cuanto a la metodología constructiva fue mediante retiro de puertas, y ventanas que son catalogadas, así también se conservó la fachada del edificio. Luego se procedió al derribo del interior del edificio. A nivel de conclusiones esta intervención sobre un edificio trata de exponer la conservación, en una serie de acciones y técnicas con nuevos materiales utilizados en la restauración del mismo. Como lo expresa la «Carta internacional sobre la conservación y restauración de

monumentos y sitios»: «Cuando las técnicas tradicionales se muestren inadecuadas, la consolidación de un monumento puede ser asegurada valiéndose de todas las técnicas modernas de conservación y de construcción cuya eficacia haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por la experiencia»

El objetivo de la investigación es desarrollar un análisis situacional de la arquitectura de las casonas que están ubicadas en el actual territorio de la provincia de Sullana, región Piura.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En cuanto a los materiales de estudio se desarrolló a través de la visita de campo para recopilar información que está relacionada a los sitios arqueológicos, así como a las casonas que forman parte de la muestra. Siendo periodo de estudio entre los meses de febrero y septiembre de 2024.

- Casonas republicana -23
- Base de datos del Ministerio de Cultura
- Fichas de campo
- Reporte fotográfico

En cuanto al enfoque de investigación fue cuantitativo ya que la intención es realizar un análisis descriptivo del patrimonio cultural en la provincia de Sullana de acuerdo a los datos proporcionado por el Ministerio de Cultura.

El enfoque cuantitativo de la investigación permite desarrollar el análisis de las características de la variable así también puede ser medible y de esta manera interpretar la información. (Hernández y Mendoza, 2018)

En relación al tipo de investigación es básica ya que busca a través del trabajo establecer y profundizar en la generación de nuevos conocimientos sobre el patrimonio cultural.

En diseño de investigación es no experimental, ya que buscamos no manipular la variable de forma deliberada, así como de no establecer de manera intencional algún efecto o cambios en el estado de la cuestión.

## 3. RESULTADOS

En cuanto a los resultados que son producto del análisis de la recopilación de los datos relacionados a las casonas que están ubicadas en la provincia de Sullana encontramos información relevante.

**Tabla 3.**

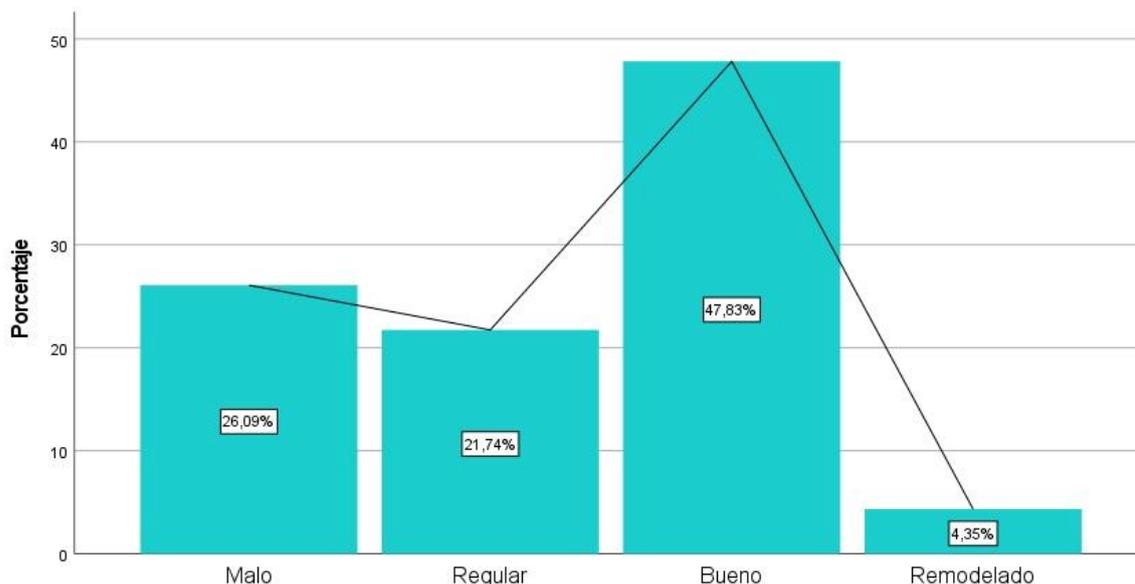
*Análisis de la ubicación geográfica de las casonas en la provincia de Sullana.*

Ubicación		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Sullana	21	91,3	91,3	91,3
	Miguel Checa	1	4,3	4,3	95,7
	Salitral	1	4,3	4,3	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Como se puede observar en la tabla 3 encontramos en un 91.30% de las casonas están ubicadas de forma geográfica en el distrito de Sullana y en concreto a lo largo de la calle San Martín. Mientras que un 4,30% se distribuye entre los distritos de Miguel Checa y Salitral.

**Figura 6.**

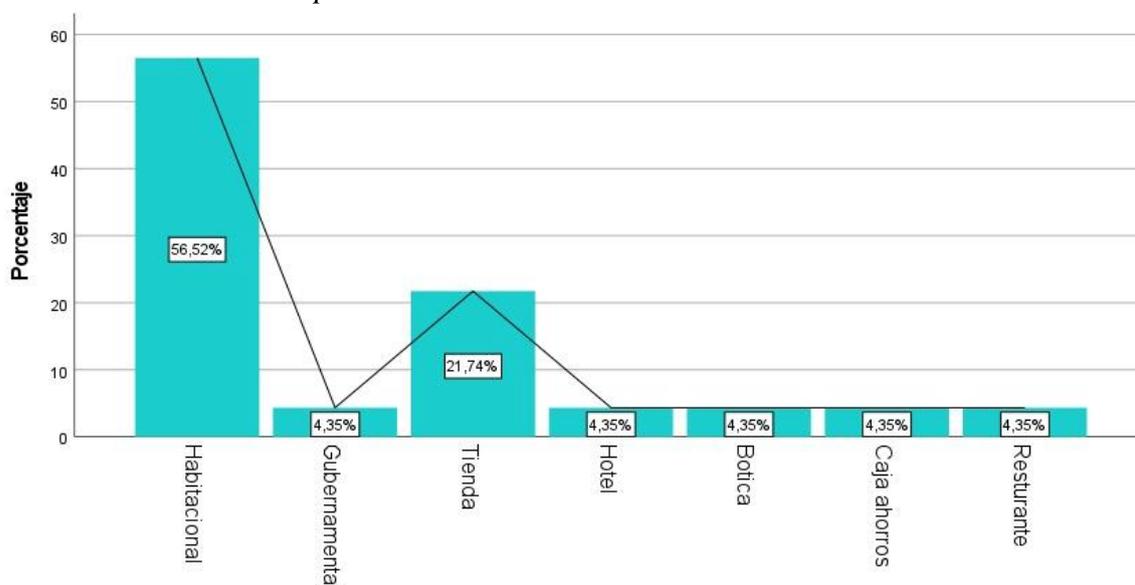
*Porcentajes del estado de conservación de las casonas que están ubicadas en la provincia de Sullana.*



Como se puede observar en la figura 7 encontramos que un 47,83% de las casonas se encuentra en buen estado, mientras que un 26,09% están en mal estado, un 21,74% está en un estado aceptable, y finalmente existe un 4,35% que han sido remodeladas.

**Figura 7.**

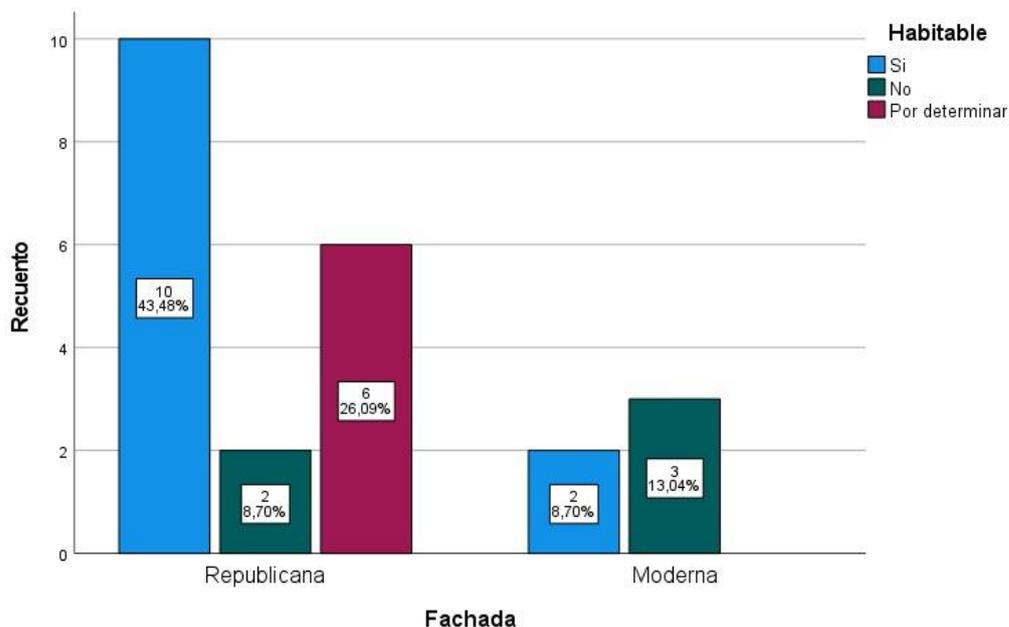
*Porcentajes de la función que están cumpliendo las casonas que forman parte del patrimonio cultural de la provincia de Sullana.*



Como se puede observar en la figura 8 tenemos que un 56,52% tiene una función habitacional, mientras que el 21,74% están alojando negocios como tiendas comerciales, y un 4,35% están siendo usadas como edificio gubernamental, hotel, botica, restaurante, y cajas de ahorro.

**Figura 8.**

*Análisis de tablas cruzadas entre fachada y habitabilidad de las casonas que son patrimonio cultural de la provincia de Sullana.*



Como se puede observar en la figura 9 tenemos que 43,18% de las casonas tiene fachas republicanas y son habitadas, mientras que el 26,09% conservan la fachada republicana pero aún no se puede determinar la habitabilidad, 8,70% de las casonas aún conservan la fachada república, pero no son habitables. Por otro lado, las casonas modernas un 13,04 no son habitables por ser negocios, y un 8,70% son modernas y son habitadas.

**4. DISCUSION**

En cuanto al trabajo de Chinchay y Tavera (2023) sobre análisis de la actividad turística en la Casona Hacienda Sojo de Sullana. Determinan que la casa hacienda está en mal estado de conservación. En cuanto a nuestra investigación debemos indicar que el análisis de los datos nos indica que el 91,30% de las casonas están ubicadas en el centro histórico de Sullana, mientras un 47,83% de las edificaciones se encuentran en buen estado, un 56,52% de las casonas son habitables es decir hay una ocupación, sin embargo en un conglomerado de 43,48% están siendo utilizadas para actividades comerciales hecho que puede generar un riesgo más aun sino se previene un trabajo de conservación de la edificación.

En cuanto al trabajo de Carbajal (2020) sobre restauración fachadística de la Casona Figallo en la ciudad de Sullana. Se inician labores a partir de la identificación de grietas, fisuras desprendimiento en toda la edificación. Por ello la intervención se consolida mediante todas las técnicas modernas de conservación y de construcción cuya eficacia haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por la experiencia. En cuanto a nuestra investigación debemos indicar que el análisis de los datos se resalta que las casonas conservan las fachadas republicanas así también un 56,52% están siendo ocupadas, pero es importante destacar el uso comercial que se está dando en algunas casonas y que aparentemente existe ausencia de un plan de conservación para las edificaciones.

## 5. CONCLUSIONES

Es importante mencionar que las casonas del centro histórico de Sullana tienen un importante valor patrimonial son la esencia de una ciudad que históricamente forma parte de los inicios hispánicos del Perú.

En la actualidad la calle San Martín es un espacio emblemático que alberga a la mayoría de casonas que se conservan en pie. Las estructuras por lo general presentan materiales como adobe, quincha, ladrillo, yeso.

Se determina que del total de 23 casonas que se identifican en la provincia de Sullana que está compuesta de 08 distritos, tenemos que el 91,30% están ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sullana.

En cuanto al estado de conservación de las casonas tenemos que un 47,83% se encuentran en buen estado, por otro lado, un 26,09% están en mal estado, mientras un 21,74% están en un estado aceptable y un 4,35% han sido remodeladas en una edificación moderna.

En cuanto a la función de las edificaciones republicanas tenemos que un 56,52% están siendo ocupadas como vivienda, mientras un 21,74% están realizando función de tiendas comerciales, y un 4,35% se refleja en negocios como hoteles, restaurantes, boticas, cajas de ahorro y edificio gubernamental.

## 6. 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.

## 7. 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.

## 8. 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.

## 9. FINANCIAMIENTO

El autor indica que el trabajo de investigación fue autofinanciado.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carbajal, F. (2020). Restauración e intervención fachadística de la casona Figallo, Sullana (Perú). *Revista Gremium*, 7 (2) 50-61

Chinchay, W. y Távora, E. (2023). Análisis del desarrollo de la actividad turística en la Casa Hacienda Sojo, Sullana, 2023. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Frontera]

Decreto 011 del 2022. Decreto supremo reglamento de intervenciones arqueológicas. 22 de noviembre del 2022. [Archivo PDF]

González, D. (2024). Análisis preliminar sobre las periodificaciones en la datación cronológica en la costa norte del Perú. *Revista Aypate*, 3 (2) 94-102

<https://doi.org/10.20906/ricay.v3i2.94>

Gonzalez, D. Paucar, L. y Velásquez, O. (2024). Arqueología molecular; ph adobe Tallan con presencia de microorganismos para la conservación preventiva sitio arqueológico Tangarara 3. Revista Aypate, 3 (1)19-34  
<https://doi.org/10.20906/ricay.v3i1.76>

Gonzalez, D. y Rúa, S. (2022). Gobierno local: modelo de gestión del patrimonio cultural para la inversión pública. Revista Yachaq, 5 (2) 38-56  
<https://doi.org/10.46363/yachaq.v5i2.2>

Gonzalez, D. (2022). Reflexión sobre el compromiso ético en la gestión pública de gobiernos locales sobre el patrimonio cultural 2021. Revista Yachaq, 5 (1) 37-53  
<https://doi.org/10.46363/yachaq.v5i1.213>

Gonzalez, D. (2020). Modelo hidráulico virreinal utilizado en el centro histórico de Lima para abastecimiento de agua. Revista Devenir, 7 (14) 91-106  
<https://doi.org/10.21754/devenir.v7i14.811>

Grigsby, K. Álvarez, J. y Casellas, E. (2011). Patrimonio cultural un enfoque diverso y comprometido. México: UNESCO

Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill

ICOMOS. (1965). Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios. [Archivo PDF]

Instituto Nacional de Cultura. (2007). Documentos Fundamentales para el Patrimonio Cultural. Lima: INC

Ministerio de Vivienda. (2021). Norma técnica A.140 bienes culturales inmuebles del reglamento nacional de edificaciones. Lima, Perú.

Rodríguez, I. (2010). Sobre el patrimonio cultural. Revista Sphera Pública, 1, 75-117



## Relación Dinámica entre Ingreso Disponible y Consumo Privado en el Perú: Un Análisis Econométrico trimestral (2003-2023).

Dynamic Relationship between Disposable Income and Private Consumption in Peru: A Quarterly Econometric Analysis (2003-2023).

 [Mendoza-Rodríguez, Gustavo Adolfo<sup>1</sup>](#)

 [Aldana-Yarlequé, Cristhian Nicolas<sup>1</sup>](#)

 [Pasache-Durand, Lisbeth<sup>1</sup>](#)

 [Mogollón-Taboada, Marlon Martin<sup>1</sup>](#)

 [Pizarro-Hurtado, Uliana Zaray<sup>1</sup>](#)

 [Agurto-Carreño, Victor José<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

**Recibido:** 23 Oct. 2024 | **Aceptado:** 24 Oct. 2024 | **Publicado:** 07 Ene. 2025

**Autor de correspondencia\*:** [caldana@unf.edu.pe](mailto:caldana@unf.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Aldana-Yarlequé, C.N. & Mendoza-Rodríguez, G.A. & Pasache-Durand, L. & Mogollón-Taboada, M. M. & Pizarro-Hurtado, U.Z. & Agurto-Carreño, V.J. (2024). Relación dinámica entre Ingreso Disponible y Consumo Privado en el Perú: Un análisis econométrico trimestral (2003-2023). *Revista Científica Aypate*, 3(4), 20–48. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.126>

### RESUMEN

Este estudio analiza la relación dinámica entre el ingreso disponible y el consumo privado en el Perú durante el período 2003-2023, utilizando un enfoque econométrico trimestral. A través de modelos econométricos avanzados, como la Cointegración de Johansen y el Modelo de Corrección de Errores (ECM), se evalúa cómo el ingreso disponible influye en el comportamiento del consumo privado a lo largo del tiempo. Los resultados sugieren que existe una relación de largo plazo entre ambas variables, con un ajuste lento pero significativo hacia el equilibrio tras choques en el sistema económico. En el corto plazo, se observa que un aumento en el ingreso disponible impulsa el consumo privado, lo que es consistente con la teoría económica keynesiana. Además, se aplican pruebas de causalidad de Granger y funciones de impulso-respuesta para evaluar las interacciones dinámicas entre las variables. Este trabajo no solo proporciona evidencia empírica sobre las dinámicas del consumo en el Perú, sino que también destaca la importancia del ingreso disponible como determinante clave del bienestar de los hogares y el crecimiento económico. Se concluye con recomendaciones de política fiscal que podrían optimizar la relación entre ambas variables, enfocándose en incentivar el ingreso disponible para sostener el consumo en el mediano y largo plazo.

**Palabras Clave:** Ingreso disponible<sup>1</sup>, Consumo privado<sup>2</sup>, Relación econométrica<sup>3</sup>, Modelo VAR<sup>4</sup>, Economía peruana<sup>5</sup>, Análisis keynesiano<sup>6</sup>, Política fiscal<sup>7</sup>.

### ABSTRACT

This study analyzes the dynamic relationship between disposable income and private consumption in Peru during the period 2003-2023, using a quarterly econometric approach.

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.



Through advanced econometric models such as Johansen Cointegration and the Error Correction Model (ECM), it evaluates how disposable income influences private consumption behavior over time. The results suggest that there is a long-term relationship between both variables, with a slow but significant adjustment towards equilibrium after shocks in the economic system. In the short term, an increase in disposable income boosts private consumption, which is consistent with Keynesian economic theory. Additionally, Granger causality tests and impulse-response functions are applied to assess the dynamic interactions between the variables. This research not only provides empirical evidence on consumption dynamics in Peru but also highlights the importance of disposable income as a key determinant of household welfare and economic growth. The study concludes with fiscal policy recommendations that could optimize the relationship between the two variables, focusing on encouraging disposable income to sustain consumption in the medium and long term.

**Keywords:** National disposable income<sup>1</sup>, Passive interest rate<sup>2</sup>, Gross savings<sup>3</sup>, Keynesian theory<sup>4</sup>, Economic growth<sup>5</sup>.

## 1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento del consumo privado es un elemento central en la teoría macroeconómica, ya que constituye uno de los principales motores del crecimiento económico en cualquier país. En el contexto peruano, el ingreso disponible de los hogares ha demostrado ser un factor clave que influye directamente en los niveles de consumo, y, por tanto, en el bienestar económico de la población. Según la teoría keynesiana, el ingreso disponible es uno de los principales determinantes del consumo, ya que los hogares tienden a gastar una proporción de su ingreso en bienes y servicios, lo que a su vez impulsa la demanda agregada y el crecimiento económico. Esta investigación se propone analizar la relación dinámica entre el ingreso disponible y el consumo privado en Perú durante el período 2003-2023, utilizando herramientas econométricas avanzadas para captar tanto las interacciones de corto plazo como la relación de largo plazo entre estas dos variables clave. A lo largo de los últimos 20 años, el Perú ha experimentado un crecimiento económico sostenido, acompañado de cambios significativos en el nivel de ingreso disponible de los hogares, lo que justifica un análisis riguroso sobre cómo estas variaciones han impactado el consumo privado.

En la literatura económica, la función de consumo keynesiana sugiere que un aumento en el ingreso disponible se traduce en un incremento en el consumo, a través de la propensión marginal a consumir. Sin embargo, la magnitud y la rapidez con la que este efecto se produce pueden variar según el contexto económico y las políticas fiscales implementadas en el país. Por esta razón, este estudio utiliza técnicas de series temporales como la Cointegración de Johansen y el Modelo de Corrección de Errores (ECM), que permiten analizar no solo la relación de largo plazo entre el ingreso disponible y el consumo privado, sino también los ajustes que se producen en el corto plazo ante desviaciones del equilibrio. Además, se aplicarán pruebas de causalidad de Granger para identificar si el ingreso disponible "causa" el consumo privado o viceversa, y se utilizarán funciones de impulso-respuesta para observar cómo los shocks en el ingreso disponible afectan el consumo a lo largo del tiempo. Estos enfoques proporcionarán una visión más completa de las dinámicas económicas subyacentes, aportando tanto a la teoría económica como a la formulación de políticas públicas orientadas a mejorar el bienestar de los hogares.

Este trabajo no solo pretende contribuir a la literatura empírica sobre el consumo en el Perú, sino también generar recomendaciones útiles para la política fiscal y económica del país. Comprender la relación entre el ingreso disponible y el consumo privado es crucial para

diseñar políticas que promuevan el crecimiento económico sostenible y el bienestar general de la población. En este sentido, el análisis econométrico de este estudio ofrece una base sólida para futuras decisiones políticas que busquen optimizar la interacción entre estos dos factores clave.

## 2. MÉTODOS Y MATERIALES

### 2.1. Marco teórico

Teoría del Keynisisiana

Según Morettini (2002) John Maynard Keynes manifiesta que el consumo dependerá principalmente del ingreso, convirtiéndose en el primer economista en hacer tal afirmación. Otra de sus afirmaciones es que los hombres generalmente están decididos a incrementar su consumo en tanto su ingreso también crezca, es decir a más ingreso más consumo.

Además, aseguró la existencia de otros determinantes, pero estos no son lo suficientemente importantes o trascendentes, de esta manera determinó la función consumo en la que está solo dependía del ingreso real disponible.

Función de Consumo de Keynes

Según Keynes se tiene:

*Función del consumo Keynesiana:*

$$C = C_0 + c.Yd$$

siendo  $C > 0$  y  $0 < c < 1$ , donde  $C$  es el consumo autónomo, es decir, cuanto consumen las familias al margen de su nivel de ingresos disponibles ( $Yd$ ). La relación entre ambas se determinará por la propensión marginal a consumir ( $c$ ), la misma que está comprendida entre 0 y uno, indicando que, al existir un aumento de una unidad en el ingreso disponible, aumentará también consigo el consumo, aunque lo hará en una cuantía menor a tal unidad.

### 2.2. Marco conceptual

Consumo privado: Según Rodríguez (2020) nos menciona que el consumo, en tanto privado, se define como el gasto efectuado por los propios agentes privados, sea de manera individual o por unidades familiares, exceptuando la inversión en vivienda nueva.

Ingreso disponible: Según el autor Ruperti et al. (2019) menciona en su artículo de investigación que el ingreso o renta disponible es el ingreso menos los impuestos netos que el individuo tiende a cancelar al gobierno.

### 2.3. Metodología

#### 2.3.1. Enfoque del estudio

La presente investigación sigue un enfoque cuantitativo utilizando técnicas de análisis econométrico para estudiar la relación dinámica entre el ingreso disponible y el consumo privado en el Perú durante el período 2003-2023. El estudio se basa en la teoría keynesiana del consumo, que sugiere que el ingreso disponible es un determinante clave del consumo privado. Se emplean técnicas de series temporales para modelar y analizar la relación a corto y largo plazo entre ambas variables.

#### 2.3.2. Enfoque del estudio

##### 2.3.2.1. Datos y Fuentes

Los datos utilizados en esta investigación son de frecuencia trimestral, correspondientes al período 2003-2023, e incluyen:

Consumo Privado (C): Esta variable mide el nivel de consumo de los hogares peruanos en cada trimestre.

Ingreso Disponible (Yd): Representa el ingreso total de los hogares peruanos menos los impuestos directos y más las transferencias.

Las fuentes de los datos son:

Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) para datos de consumo e ingreso.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para datos complementarios de carácter macroeconómico.

## 2.4. Modelos Econométricos Aplicados

### a) Modelo de Regresión Lineal Simple

El primer paso consiste en estimar la función de consumo keynesiana mediante un modelo de regresión lineal simple. Este modelo tendrá la siguiente especificación:

$$C_t = \alpha + \beta Yd_t + \varepsilon_t$$

C es el ingreso disponible en el tiempo t.

$\alpha$  es el término constante (consumo autónomo).

$\beta$  es la propensión marginal a consumir (PMC).

$\varepsilon_t$  es el error aleatorio.

Se realiza esta regresión inicial para evaluar el efecto directo del ingreso disponible sobre el consumo privado en niveles.

### b) Pruebas de Estacionariedad

Debido a la naturaleza de las series temporales, es crucial verificar si las variables son estacionarias o contienen una raíz unitaria. Para ello, se aplican las siguientes pruebas:

Prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF).

Prueba de Phillips-Perron (PP).

Si las series no son estacionarias en niveles, se procederá a diferenciarlas.

### c) Modelo de Cointegración (Test de Johansen)

Una vez que las series han sido diferenciadas, se procede a aplicar el Test de Cointegración de Johansen para determinar si existe una relación de largo plazo entre el ingreso disponible y el consumo privado. Este enfoque es adecuado para identificar si las variables, aunque no sean estacionarias en niveles, están cointegradas, es decir, tienen una relación estable en el largo plazo.

### d) Modelo de Corrección de Errores (ECM)

Si se detecta cointegración, se estima un Modelo de Corrección de Errores (ECM) para capturar tanto las dinámicas de corto plazo como el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo. El ECM tiene la siguiente forma:

$$\Delta C_t = \alpha + \beta \Delta Yd_t + \lambda ECT_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde:

$\Delta Ct$  es la primera diferencia del consumo privado.

$\Delta Ydt$  es la primera diferencia del ingreso disponible.

$ECTt-1$  es el término de corrección de errores, que mide el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo.

$\lambda$  es el coeficiente de ajuste hacia el equilibrio.

#### e) Prueba de Causalidad de Granger

Se utiliza la Prueba de Causalidad de Granger para determinar la dirección de causalidad entre el ingreso disponible y el consumo privado. Esto permitirá identificar si los cambios en el ingreso disponible preceden los cambios en el consumo, o si el consumo influye en el ingreso disponible.

#### f) Funciones de Impulso-Respuesta (IRF)

Finalmente, se aplican Funciones de Impulso-Respuesta dentro de un modelo VAR (Vector Autoregresivo) para analizar cómo los shocks (choques) en el ingreso disponible afectan el consumo privado a lo largo del tiempo y viceversa. Este análisis ayuda a entender el comportamiento dinámico de las variables ante perturbaciones.

### 2.4.1. Procedimiento para el Análisis en Eviews

El análisis econométrico se llevará a cabo utilizando el software Eviews. El procedimiento detallado incluye los siguientes pasos:

Importación de los datos de consumo privado e ingreso disponible.

Estimación del modelo de regresión lineal simple.

Aplicación de las pruebas de estacionariedad (ADF y PP).

Si las series no son estacionarias, diferenciación de las variables.

Estimación del Test de Cointegración de Johansen para analizar la relación de largo plazo.

Estimación del ECM para capturar las dinámicas de corto y largo plazo.

Aplicación de la Prueba de Causalidad de Granger.

Estimación de un modelo VAR y análisis de Funciones de Impulso-Respuesta.

### 2.4.2. Validez y Confiabilidad

La validez de este análisis se basa en la robustez de las técnicas econométricas utilizadas y la calidad de los datos obtenidos de fuentes oficiales (BCRP e INEI). Se realizarán un modelo de regresión lineal simple, posteriormente las pruebas de diagnóstico sobre los residuos del modelo, como pruebas de autocorrelación y heterocedasticidad, pruebas de estacionariedad, Test de Cointegración de Johansen, capturar las dinámicas de corto y largo plazo, prueba de Causalidad de Granger, y Estimación de un modelo VAR y análisis de funciones de Impulso-Respuesta para asegurar que las estimaciones sean confiables.

### 2.4.3. Limitaciones

El estudio se basa en datos agregados de frecuencia trimestral, lo que puede limitar el análisis de variaciones intra anuales. Además, la investigación se enfoca en el período 2003-2023, por lo que los resultados deben ser interpretados dentro del contexto económico y político de ese período.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) del Consumo privado en función del Ingreso disponible

En la tabla 1, el resultado corresponde a una regresión lineal simple en la que se está modelando el Consumo Privado (CON\_PRIV) como función del Ingreso Disponible (ING\_DISP) en Perú, utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). El objetivo es analizar cómo el ingreso disponible afecta el nivel de consumo privado en el período de 2003Q1 a 2023Q4.

Especificación del Modelo:

El modelo estimado es el siguiente:  $Con\_Priv_t = \alpha + \beta \cdot Ing\_Disp_t + \varepsilon_t$

$Con\_Priv_t$ : Consumo Privado en el período t.

$Ing\_Disp_t$ : Ingreso Disponible en el período t.

$\alpha$ : Constante (consumo autónomo, que representa el consumo cuando el ingreso disponible es cero).

$\beta$ : Propensión marginal a consumir (cuánto aumenta el consumo privado cuando el ingreso disponible aumenta en una unidad).

$\varepsilon_t$ : Término de error.

Resultados Clave:  $Con\_Priv_t = -4261.21 + 1.28032 \cdot Ing\_Disp_t$

**Tabla 1.**

*Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) del Consumo privado en función del Ingreso disponible.*

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-42461.21	4671.207	-9.089987	0.0000
ING_DISP	1.280382	0.044020	29.08666	0.0000
		Mean dependent		88451.4
R-squared	0.911641	var		6
Adjusted R-squared	0.910564	S.D. dependent var		38316.2
		Akaike info		0
S.E. of regression	11458.81	criteron		21.5544
				3
				21.6123
Sum squared resid	1.08E+10	Schwarz criterion		0
		Hannan-Quinn		21.5776
Log likelihood	-903.2860	critier.		9
		Durbin-Watson		0.75461
F-statistic	846.0337	stat		1
Prob(F-statistic)	0.000000			

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

El coeficiente de la constante es -42,461.21, lo que indica que, si el ingreso disponible fuera cero, el consumo privado sería negativo, lo cual no tiene una interpretación económica directa, pero puede ser una consecuencia de cómo está especificado el modelo. En general, este valor refleja el consumo autónomo, aunque el valor negativo en este caso puede deberse

a que el modelo no incluye otros factores que expliquen el nivel base de consumo. El valor del t-Statistic (-9.09) y el p-valor (0.0000) indican que este coeficiente es estadísticamente significativo, aunque su interpretación directa en términos económicos es limitada dado su valor negativo. El coeficiente de 1.280382 indica que, por cada aumento de una unidad en el ingreso disponible, el consumo privado aumenta en aproximadamente 1.28 unidades. Este coeficiente refleja la propensión marginal a consumir (PMC), que es el cambio en el consumo por cada unidad adicional de ingreso disponible. El valor del t-Statistic (29.09) es alto y su p-valor es 0.0000, lo que significa que el coeficiente es altamente significativo, y podemos concluir que el ingreso disponible tiene un efecto positivo y significativo sobre el consumo privado. El R-cuadrado de 0.9116 indica que el modelo explica aproximadamente el 91.16% de la variabilidad del consumo privado. Esto es un valor muy alto, lo que sugiere que el ingreso disponible es un determinante clave del consumo privado. El R-cuadrado ajustado de 0.9105 confirma que, incluso ajustando por el número de variables en el modelo, el ingreso disponible sigue explicando una gran parte de la variación en el consumo privado.

El valor del F-statistic es extremadamente alto (846.0337) y el p-valor asociado es 0.0000, lo que indica que el modelo en su conjunto es estadísticamente significativo. En otras palabras, podemos concluir que el ingreso disponible explica de manera significativa el consumo privado.

Error estándar de la regresión: S.E. of regression: 11458.81. Este valor indica que, en promedio, el modelo tiene un error estándar de aproximadamente 11,458 unidades en la predicción del consumo privado.

Durbin-Watson stat: 0.754611. El estadístico de Durbin-Watson es 0.7546, lo que sugiere que hay autocorrelación positiva en los residuos del modelo. Un valor cercano a 2 indicaría ausencia de autocorrelación, pero un valor tan bajo sugiere que los errores de la regresión podrían estar correlacionados entre sí. Esto podría significar que el modelo no captura completamente la estructura temporal del consumo privado y, por lo tanto, se recomienda realizar más pruebas (como el test de Breusch-Godfrey) para verificar la autocorrelación y considerar un modelo de corrección.

Relación significativa entre ingreso disponible y consumo privado: El ingreso disponible tiene un efecto positivo y altamente significativo sobre el consumo privado, con una propensión marginal a consumir (PMC) de 1.28. Esto significa que, por cada aumento de una unidad en el ingreso disponible, el consumo privado aumenta en 1.28 unidades, lo cual es coherente con la teoría keynesiana.

El modelo tiene un R-cuadrado alto (91.16%), lo que indica que el ingreso disponible es una variable que explica muy bien la variación en el consumo privado en el Perú durante el período analizado.

El modelo presenta problemas de autocorrelación, debido a que el estadístico de Durbin-Watson sugiere la presencia de autocorrelación en los residuos, lo que podría afectar la fiabilidad de las estimaciones. Sería recomendable realizar un análisis adicional y, si es necesario, utilizar modelos que corrijan la autocorrelación (como un modelo ARIMA o un VAR), para este caso elegiremos el modelo VAR, debido a limitante de las variables.

Para las implicaciones económicas, este análisis respalda la importancia del ingreso disponible como un determinante clave del consumo privado en el Perú. Los resultados sugieren que políticas que aumenten el ingreso disponible de los hogares peruanos, como la reducción de impuestos o el aumento de transferencias, podrían generar un aumento significativo en el consumo privado, con efectos positivos sobre la demanda agregada y el crecimiento económico. En resumen, el ingreso disponible es un fuerte determinante del

consumo privado en el Perú, pero es necesario abordar los posibles problemas de autocorrelación en el modelo para mejorar su precisión y confiabilidad.

### 3.2. Modelo de Corrección de Errores (ECM)

Este es el resultado de la estimación del Modelo de Corrección de Errores (ECM), donde la variable dependiente es la primera diferencia del consumo privado ( $D\_CON\_PRIV$ ), la variable independiente es la primera diferencia del ingreso disponible ( $D\_ING\_DISP$ ), y se incluye el término de corrección de errores  $ECT(-1)$ . Este modelo recrea una realidad más precisa del modelo ya que al crear la variable  $ECT$  esta se puede usar para capturar la relación de corto plazo mientras se ajusta al equilibrio de largo plazo eliminando los errores.

**Tabla 2.**

*Modelo de Corrección de Errores (ECM),  $D\_CON\_PRIV$ , en función del  $D\_ING\_DISP$ , y se incluye el término de corrección de errores  $ECT(-1)$ .*

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1195.507	423.5444	2.822625	0.0060
$D\_ING\_DISP$	0.265416	0.052676	5.038654	0.0000
$ECT(-1)$	-0.032235	0.041193	-0.782546	0.4362
		Mean dependent	1520.45	
R-squared	0.259287	var	1	
Adjusted R-squared	0.240769	S.D. dependent var	9	4374.03
S.E. of regression	3811.268	Akaike info	19.3647	
		criterion	9	19.4522
Sum squared resid	1.16E+09	Schwarz criterion	1	
		Hannan-Quinn	19.3999	
Log likelihood	-800.6387	crit.	1	
		Durbin-Watson	1.98141	
F-statistic	14.00204	stat	9	
Prob(F-statistic)	0.000006			

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

Resultados Clave:  $Con\_Priv_t = 1195.507 + 0.265416 \cdot Ing\_Disp_t + -0.032235 \cdot ECT_{t-1}$

La constante (C) con el coeficiente 1195.507, con un t-Statistic: 2.82 (p-valor = 0.0060, significativo a niveles convencionales). La constante captura el término independiente en la ecuación de corto plazo. Un valor positivo y significativo sugiere que, en ausencia de cambios en las otras variables, el consumo privado tiene una tendencia al alza en el corto plazo.

Para la variable dependiente  $D\_ING\_DISP$  (Primera Diferencia de Ingreso Disponible) su coeficiente es 0.265416, es t-Statistic: 5.04 (p-valor = 0.0000, altamente significativo). Este coeficiente muestra la relación de corto plazo entre el ingreso disponible y el consumo privado. Un valor positivo y significativo indica que un aumento en el ingreso disponible tiene un impacto positivo en el consumo privado en el corto plazo. Específicamente, un aumento de una unidad en el ingreso disponible está asociado con un aumento de 0.265 unidades en el consumo privado. Este resultado es coherente con la teoría económica, donde un aumento en el ingreso disponible suele traducirse en un aumento del consumo.

Para la variable ECT(-1) (Término de Corrección de Error), el coeficiente es -0.032235, con un t-Statistic: -0.783 (p-valor = 0.4362, no significativo). El término de corrección de error captura el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo. El coeficiente es negativo, lo que es consistente con la teoría del ECM, pero no es estadísticamente significativo. Esto indica que el mecanismo de ajuste de corto plazo hacia el equilibrio de largo plazo no está funcionando de manera efectiva en este modelo, lo que sugiere que las desviaciones del equilibrio de largo plazo no se corrigen rápidamente en los períodos subsiguientes.

El R-cuadrado es de 0.2593 (25.93%). Este valor indica que el modelo explica aproximadamente el 25.93% de la variabilidad en la primera diferencia del consumo privado. Aunque este no es un valor muy alto, es común en datos de series de tiempo tener R-cuadrado relativamente bajos. Sin embargo, indica que hay otros factores que podrían estar influyendo en el consumo privado y que no están capturados en este modelo. Con un F-statistic: 14.00204 (p-valor = 0.000006). El F-statistic es altamente significativo (p-valor < 0.05), lo que sugiere que el modelo en su conjunto es significativo. Es decir, al menos una de las variables explicativas (D\_ING\_DISP o ECT(-1)) contribuye significativamente a explicar la variación en el consumo privado.

El estadístico de Durbin-Watson stat es de 1.981419. El estadístico de Durbin-Watson es cercano a 2, lo que indica que no hay evidencia significativa de autocorrelación en los residuos. Esto es positivo, ya que la presencia de autocorrelación podría indicar que hay estructura temporal en los errores que el modelo no ha capturado.

En el análisis del modelo el impacto de Corto Plazo del Ingreso Disponible: El ingreso disponible tiene un impacto positivo y significativo en el consumo privado en el corto plazo, como se esperaba. Cada incremento en el ingreso disponible lleva a un incremento moderado en el consumo privado.

Ajuste hacia el Equilibrio de Largo Plazo: El término de corrección de errores (ECT(-1)) tiene el signo correcto (negativo), lo cual es consistente con la teoría del ECM. Sin embargo, no es estadísticamente significativo, lo que sugiere que el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo no es lo suficientemente fuerte o rápido. Esto podría deberse a otros factores estructurales o de comportamiento en la economía que no están siendo capturados por el modelo actual.

Explicación del Modelo: El modelo explica solo el 25.93% de la variación en el consumo privado, lo que indica que hay factores adicionales que influyen en el consumo que no están incluidos en el modelo actual. Esto puede incluir variables no consideradas, como factores políticos, expectativas futuras, o políticas fiscales.

Una recomendación, para mejorar el modelo, podrías considerar incluir más variables que puedan capturar mejor las dinámicas de corto y largo plazo entre el ingreso disponible y el consumo privado, como variables relacionadas con la inflación, expectativas del consumidor, políticas económicas, o condiciones del crédito.

Ahora el ingreso disponible tiene un impacto claro y positivo en el consumo privado en el corto plazo, pero el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo no es significativo, lo que sugiere que las desviaciones de la relación de largo plazo entre estas variables no se corrigen rápidamente.

### **3.3. Modelo VAR**

Este es un modelo de Vector Autoregresivo (VAR), que incluye el Consumo Privado (D\_CON\_PRIV) y el Ingreso Disponible (D\_ING\_DISP). El modelo estima cómo las

variaciones pasadas del consumo privado y del ingreso disponible influyen en el comportamiento actual del consumo privado.

**Tabla 3.**

*Modelo VAR*

	D_CON_P RIV
D_CON_PRIV(-1)	-0.104823 (0.09278) [-1.12985]
D_CON_PRIV(-2)	-0.303758 (0.09430) [-3.22122]
C	1904.849 (465.165) [ 4.09500]
D_ING_DISP	0.242361 (0.04541) [ 5.33770]
R-squared	0.348417
Adj. R-squared	0.323030
Sum sq. resids	1.02E+09
S.E. equation	3642.372
F-statistic	13.72455
Log likelihood	-777.1146
Akaike AIC	19.28678
Schwarz SC	19.40502
Mean dependent	1533.058
S.D. dependent	4426.899

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

Los coeficientes de las Variables Rezagadas de D\_CON\_PRIV

D\_CON\_PRIV(-1) = -0.1048, no significativo (t-stat = -1.13). Indica que el primer rezago del consumo privado tiene un pequeño y no significativo efecto negativo en el consumo actual.

D\_CON\_PRIV(-2): Coeficiente = -0.3038, significativo (t-stat = -3.22). El segundo rezago del consumo privado tiene un efecto negativo y significativo sobre el consumo actual. Este resultado sugiere que, dos trimestres después de un aumento en el consumo privado, el efecto es negativo, posiblemente indicando una corrección de corto plazo en el comportamiento del consumo.

El coeficiente del Ingreso Disponible (D\_ING\_DISP) = 0.2424, altamente significativo (t-stat = 5.34). El Ingreso Disponible tiene un impacto positivo y significativo sobre el consumo privado en el corto plazo. Un aumento en el ingreso disponible se traduce en un aumento del consumo privado, lo cual es coherente con la teoría económica. Este coeficiente sugiere que por cada unidad que aumenta el ingreso disponible, el consumo privado aumenta en 0.2424 unidades.

La Constante (C), 1904.849, significativo (t-stat = 4.10). La constante es significativa y refleja una tendencia base de crecimiento en el consumo privado cuando no hay efectos de las variables rezagadas o del ingreso disponible.

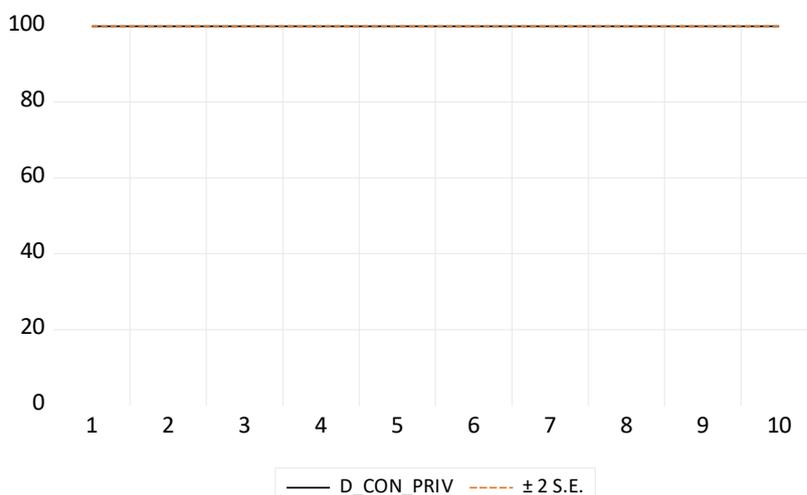
Medidas de Ajuste, R-cuadrado: 0.3484 (34.84%), con un R-cuadrado ajustado: 0.3230 (32.30%). El modelo explica aproximadamente el 34.84% de la variabilidad en el consumo privado, lo cual no es muy alto, pero es común en modelos VAR que incluyen solo unas pocas variables. Esto sugiere que hay otros factores que afectan el consumo privado y que no están incluidos en el modelo. Su estadístico F-statistic: 13.72455 (significativo). El modelo es globalmente significativo, lo que indica que las variables explicativas incluidas (ingreso disponible y los rezagos del consumo privado) tienen un efecto significativo en la predicción del consumo privado.

Para el modelo presentado podemos concluir que D\_ING\_DISP (Ingreso Disponible) es significativo y positivo, lo que respalda la idea de que el ingreso disponible impulsa el consumo privado. Los rezagos del consumo privado muestran que hay un efecto correctivo a partir del segundo período de rezago, lo que indica que aumentos previos en el consumo pueden corregirse en el tiempo. El R-cuadrado es moderado, lo que sugiere que otras variables no incluidas en el modelo también podrían influir en el consumo privado. En resumen, este modelo VAR muestra que el ingreso disponible tiene un impacto importante en el consumo privado, mientras que los rezagos del consumo privado también juegan un papel, con una dinámica de ajuste en el tiempo. Para mejorar el ajuste, se podrían considerar más variables económicas o mejorar el tratamiento de los errores.

### Figura 1.

*Descomposición de Varianza para la variable D\_CON\_PRIV (Consumo Privado Diferenciado) utilizando la descomposición de Cholesky.*

Variance Decomposition of D\_CON\_PRIV  
using Cholesky (d.f. adjusted) Factors

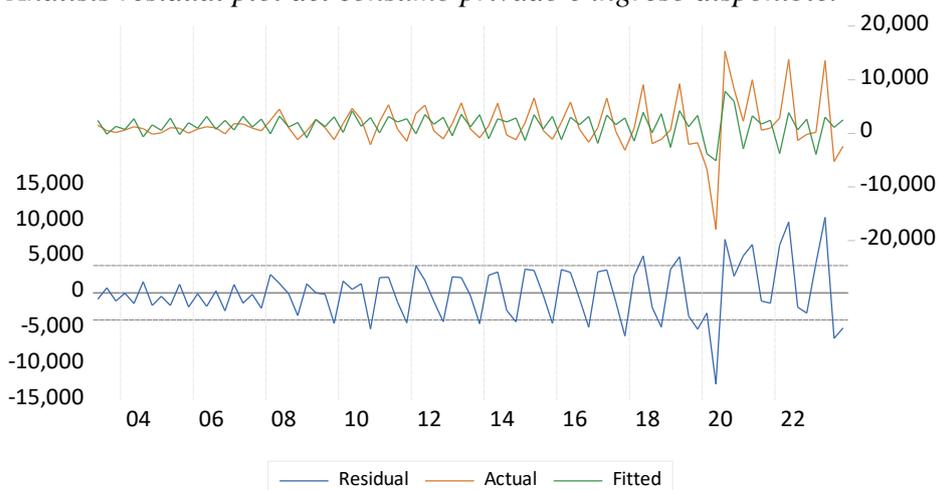


**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

La figura 1 sugiere que, en los primeros 10 períodos, toda la variabilidad en el Consumo Privado Diferenciado se explica únicamente por choques en sí mismo y no por otras variables. Este es un resultado común en las primeras etapas de un modelo VAR cuando la descomposición de varianza está centrada en la variable misma, pero indica que otros factores no juegan un papel en la explicación de su variabilidad en este horizonte temporal.

**Figura 2.**

*Análisis residual plot del consumo privado e ingreso disponible.*



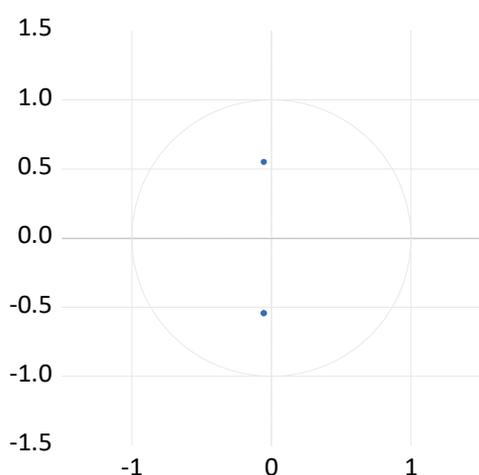
**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

La figura 2, indica que el modelo tiene una buena capacidad de predicción, ya que los valores ajustados (línea verde) siguen bastante de cerca los valores reales (línea naranja) durante la mayor parte del período. Sin embargo, se observa un incremento notable en la volatilidad de los residuos (línea azul) a partir de 2020, lo que sugiere que el modelo tiene dificultades para ajustar adecuadamente los datos en ese período, probablemente debido a un evento externo significativo (como la pandemia de COVID-19). Esto indica que el modelo predice bien en condiciones normales, pero presenta errores más grandes y sistemáticos durante tiempos de alta volatilidad o eventos imprevistos.

**Figura 3.**

*Análisis de raíces inversas del polinomio característico AR (Autoregresivo).*

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

La figura 3, analiza las raíces inversas del polinomio AR están dentro del círculo unitario, lo que indica que el modelo es estable y estacionario. Un modelo es estacionario cuando todas las raíces inversas se encuentran dentro de este círculo, lo que significa que las perturbaciones o choques se disiparán con el tiempo en lugar de amplificarse.

### 3.4. Análisis del modelo con retardos

Este resultado corresponde a la estimación de un Modelo de Corrección de Errores (ECM) que incluye retardos de la variable dependiente (D\_CON\_PRIV) y de la variable independiente (D\_ING\_DISP), junto con el término de corrección de error (ECT(-1)).

$$Con\_Priv_t = C(1,1).Con_{Priv_{t-1}} + C(1,2).Con_{Priv_{t-2}} + C(1,3).Ing\_Disp_t + C(1,4).Ing\_Disp_t + C(1,5).ECT_{t-1}$$

VAR Model - Substituted Coefficients:

$$Con\_Priv_t = -0.102509470187.Con_{Priv_{t-1}} - 0.301470509574.Con_{Priv_{t-2}} + 1869.82411807 + 0.257115624705.Ing_{Disp}_t - 0.0259773354346.ECT_{t-1}$$

Coefficientes de los Retardos de la Variable Dependiente: Ambos coeficientes son negativos, lo que indica que los valores pasados del Consumo Privado tienen un efecto de amortiguamiento sobre su valor actual. En otras palabras, si el consumo privado aumentó en el período anterior, tiende a corregirse hacia niveles más bajos en el período actual.

El coeficiente de D\_CON\_PRIV(-2) es más grande en valor absoluto (-0.3015) que el de D\_CON\_PRIV(-1), lo que sugiere que los efectos del segundo período de retraso tienen un impacto mayor que el primer período.

Coefficiente de la Variable Independiente (D\_ING\_DISP): Este coeficiente es positivo y significativo, lo que indica que un aumento en el ingreso disponible (en su primera diferencia) tiene un impacto positivo en el consumo privado en el corto plazo. En concreto, un aumento de una unidad en el ingreso disponible lleva a un aumento de 0.2571 unidades en el consumo privado. Este resultado es consistente con la teoría económica, que sugiere que los incrementos en el ingreso disponible suelen traducirse en mayores niveles de consumo.

Término de Corrección de Error (ECT(-1)) es de -0.0260. Este coeficiente mide el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo. El hecho de que sea negativo es consistente con la teoría del ECM, que sugiere que cualquier desviación del equilibrio de largo plazo tiende a corregirse con el tiempo. Sin embargo, el valor de -0.0260 es muy pequeño, lo que indica que el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo es lento. Es decir, si hay una desviación en la relación de largo plazo entre el consumo privado y el ingreso disponible, solo un 2.6% de esa desviación se corregirá en el siguiente período, lo que sugiere que el sistema no regresa rápidamente al equilibrio.

Coefficiente de la constante = 1869.8241. La constante captura el valor promedio de las fluctuaciones de corto plazo del consumo privado en ausencia de otras variaciones. El hecho de que sea positiva sugiere una tendencia general al alza en el consumo privado a lo largo del tiempo, aunque en este contexto es simplemente parte del ajuste de corto plazo.

Impacto del Ingreso Disponible en el Corto Plazo: El Ingreso Disponible tiene un impacto positivo y significativo en el Consumo Privado en el corto plazo. Esto es consistente con la teoría económica, ya que un aumento en el ingreso disponible lleva a un aumento en el consumo.

Ajuste hacia el Equilibrio de Largo Plazo: El término de corrección de error ECT(-1) tiene el signo correcto (negativo), lo que sugiere que el modelo tiende a corregir las desviaciones del equilibrio de largo plazo entre el ingreso disponible y el consumo privado. Sin embargo, el coeficiente es pequeño, lo que indica que el ajuste es lento y que las desviaciones del equilibrio tardan en corregirse.

Efecto de los Retardos del Consumo Privado: Los coeficientes negativos para  $D\_CON\_PRIV(-1)$  y  $D\_CON\_PRIV(-2)$ , indican que los valores pasados del consumo privado tienen un efecto de amortiguación en los valores actuales. En particular, un aumento en el consumo privado en períodos anteriores tiende a ser compensado por una disminución en el período actual.

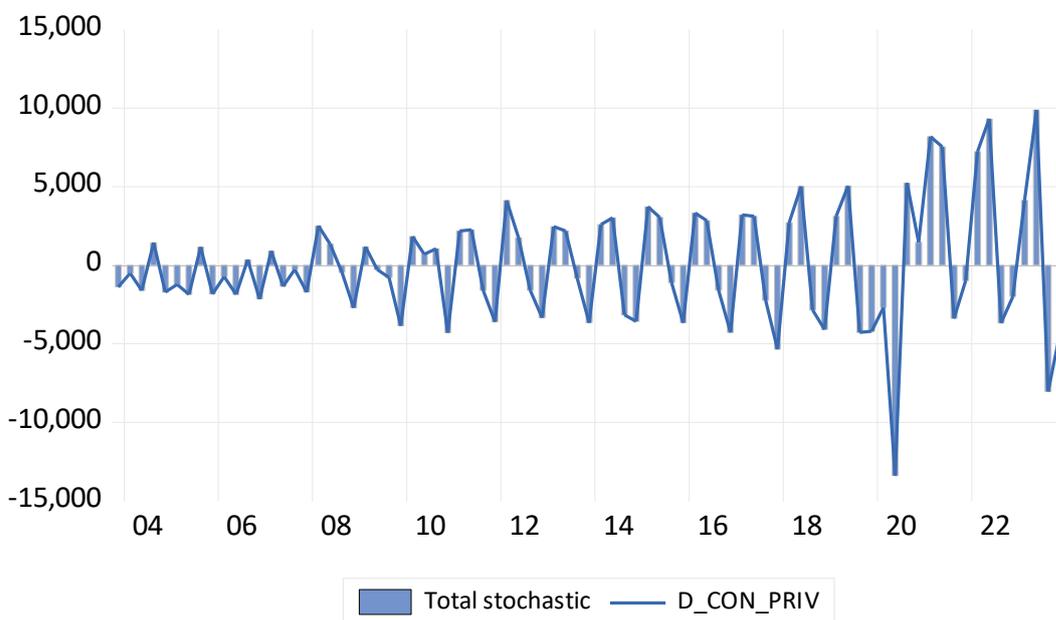
Dinamismo de Corto Plazo: El modelo sugiere una dinámica interesante de corto plazo, donde el consumo privado se ajusta lentamente a las variaciones en el ingreso disponible y las fluctuaciones pasadas del consumo tienden a suavizarse con el tiempo.

Dado que el ajuste de largo plazo es lento, podría ser útil explorar si otras variables (como las tasas de interés, expectativas del consumidor o inflación) podrían mejorar el ajuste del modelo. Además, los coeficientes de los retardos sugieren que el consumo privado responde a su propio pasado, lo que también podría indicar que el comportamiento de los hogares está influido por otros factores que no están capturados en este modelo. Ahora el Ingreso Disponible es un determinante importante del Consumo Privado en el corto plazo, pero el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo es relativamente lento. Las fluctuaciones pasadas en el consumo privado también juegan un papel importante en su dinámica actual.

#### Figura 4.

*Descomposición histórica de la variable  $D\_CON\_PRIV$  (Consumo Privado Diferenciado) utilizando la descomposición de Cholesky con factores ajustados.*

Historical Decomposition of  $D\_CON\_PRIV$   
using Cholesky (d.f. adjusted) Weights



**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

La figura 4, revela que los choques estocásticos han tenido un impacto variable y significativo en el comportamiento del consumo privado a lo largo del tiempo. Se observan períodos de choques negativos importantes, especialmente entre 2016 y 2022, donde los valores caen por debajo de los -5,000 e incluso alcanzan valores inferiores a -10,000. Esto indica que, durante estos períodos, el consumo privado fue influenciado por factores negativos que generaron caídas significativas. A partir de 2020, es evidente que hubo una mayor volatilidad, con picos tanto positivos como negativos, lo cual probablemente esté relacionado con eventos externos de gran magnitud, como la pandemia de COVID-19. Estos

choques alteraron de manera considerable el comportamiento del consumo privado. En resumen, la descomposición histórica sugiere que los choques estocásticos han desempeñado un papel importante en las fluctuaciones del consumo privado, y su impacto ha sido más pronunciado en los últimos años. Esto subraya la necesidad de tener en cuenta factores externos y eventos atípicos en el análisis de los patrones de consumo. Este análisis enriquece lo anterior y corrobora el análisis con retardos del modelo.

### 3.5. Prueba de Causalidad de Granger

Estos resultados muestran los test de causalidad de Granger entre las variables Ingreso Disponible Diferenciado (D\_ING\_DISP) y Consumo Privado Diferenciado (D\_CON\_PRIV) con 4 retardos.

**Tabla 4.**

*Prueba de Causalidad de Granger*

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
D_ING_DISP does not Granger Cause D_CON_PRIV	79	4.67626	0.0021
D_CON_PRIV does not Granger Cause D_ING_DISP		11.5320	3.E-07

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

El p-valor es 0.0021, mucho menor que el umbral típico de significancia (0.05), lo que nos permite rechazar la hipótesis nula. Esto significa que los valores pasados del Ingreso Disponible (D\_ING\_DISP) sí tienen poder predictivo sobre el Consumo Privado (D\_CON\_PRIV). En otras palabras, el ingreso disponible es un factor clave para predecir el comportamiento del consumo privado en los trimestres siguientes, lo que concuerda con la teoría económica donde el ingreso disponible afecta directamente al consumo.

El p-valor es extremadamente bajo (3.E-07), lo que significa que también podemos rechazar la hipótesis nula. Esto implica que los valores pasados del Consumo Privado (D\_CON\_PRIV) también tienen poder predictivo sobre el Ingreso Disponible (D\_ING\_DISP). Este resultado es interesante y sugiere que existe una causalidad bidireccional entre el consumo privado y el ingreso disponible, lo que implica que el comportamiento del consumo en el pasado también influye en el ingreso disponible futuro.

Existe una relación de causalidad bidireccional entre el Ingreso Disponible Diferenciado (D\_ING\_DISP) y el Consumo Privado Diferenciado (D\_CON\_PRIV). Es decir, tanto el ingreso disponible como el consumo privado se influyen mutuamente a lo largo del tiempo.

Este resultado es consistente con la teoría keynesiana, que postula que un mayor ingreso disponible aumenta el consumo privado, pero también sugiere que el consumo pasado puede afectar el ingreso disponible futuro, posiblemente a través de impactos indirectos en la economía, como el estímulo a la demanda agregada y al empleo.

Este hallazgo tiene importantes implicancias para el diseño de políticas económicas, ya que sugiere que cualquier política que afecte el ingreso disponible no solo influirá en el consumo, sino que el propio comportamiento del consumo puede tener repercusiones en el ingreso disponible a través de efectos multiplicadores.

### 3.6. Función impulso respuesta IRF del modelo VAR Consumo privado en función del Ingreso disponible

Los resultados que has proporcionado parecen corresponder a una Función de Impulso-Respuesta (IRF), un análisis típico dentro del marco de un Modelo VAR (Vector Autoregresivo). La función de impulso-respuesta permite observar cómo un shock (un cambio inesperado) en una variable afecta el comportamiento de otra variable a lo largo de varios períodos. En este caso, los resultados muestran cómo un choque en D\_CON\_PRIV (diferencia del Consumo Privado) afecta su propio comportamiento en los períodos subsiguientes.

**Tabla 5.**

*Función impulso respuesta IRF*

Period	
1	3656.153
2	-374.7903
3	-1063.803
4	222.0381
5	297.9442
6	-97.48003
7	-79.82875
8	37.57056
9	20.21468
10	-13.39861

Cholesky Ordering:

D\_CON\_PRIV

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

#### 3.6.1. Interpretación del Análisis de Impulso-Respuesta

Los números que has proporcionado representan la magnitud de la respuesta del Consumo Privado ante un shock en sí mismo, es decir, cómo un cambio en D\_CON\_PRIV afecta su propio valor a lo largo de varios períodos (autorespuesta).

1. Period 1: 3656.153. El choque inicial en el Consumo Privado tiene un efecto positivo y significativo en el primer período. El valor 3656.153 indica que el consumo privado aumenta de manera sustancial tras el choque.
2. Period 2: -374.7903. En el segundo período, el efecto del choque en el Consumo Privado disminuye considerablemente, y se observa un efecto negativo (-374.79), lo que indica que el impacto inicial es corregido de alguna forma.
3. Period 3: -1063.803. El efecto negativo continúa intensificándose en el tercer período, con una caída más fuerte en el consumo privado (-1063.80), lo que sugiere un ajuste después del choque inicial.
4. Period 4-5: Recuperación positiva. Para los períodos 4 y 5, se observa una recuperación en los efectos del choque, con valores positivos de 222.0381 y 297.9442, lo que indica que el consumo privado comienza a recuperarse tras los efectos negativos de los primeros períodos.
5. Period 6-10: Disminución del impacto. En los períodos posteriores, los efectos del choque se van amortiguando, con valores cercanos a cero, lo que indica que el impacto del choque en el consumo privado disminuye gradualmente. Los valores pequeños y cercanos a cero en los períodos 6 a 10 (por ejemplo, -97.48, -79.83, 37.57, etc.) sugieren que el efecto del choque desaparece con el tiempo.

Tenemos lo siguiente de la evaluación IRF:

**Efecto Inmediato y Significativo:** El choque inicial en el Consumo Privado tiene un impacto significativo y positivo en el primer período, lo que sugiere que cualquier perturbación inicial genera una respuesta fuerte en el corto plazo.

**Corrección Posterior:** En los períodos 2 y 3, el efecto se corrige de manera negativa. Esto indica que, tras un choque inicial positivo, el sistema se ajusta rápidamente, posiblemente debido a dinámicas de autocorrección en el mercado de consumo.

**Recuperación y Amortiguación:** Después de los efectos negativos en los períodos inmediatos, el consumo privado tiende a recuperarse lentamente en los períodos 4 y 5. Esta recuperación, seguida de una disminución del impacto en los períodos 6-10, indica que los efectos de un choque en el consumo privado tienden a desaparecer con el tiempo.

**Patrón de Ajuste:** El patrón general sugiere que el Consumo Privado exhibe una fuerte respuesta inicial a un choque, seguida de una corrección significativa y luego una recuperación que se va amortiguando gradualmente a lo largo del tiempo. Esta dinámica es consistente con la idea de que los consumidores ajustan su comportamiento después de un shock inicial, pero los efectos tienden a disiparse en el mediano plazo.

#### Recomendaciones para el Siguiete Paso

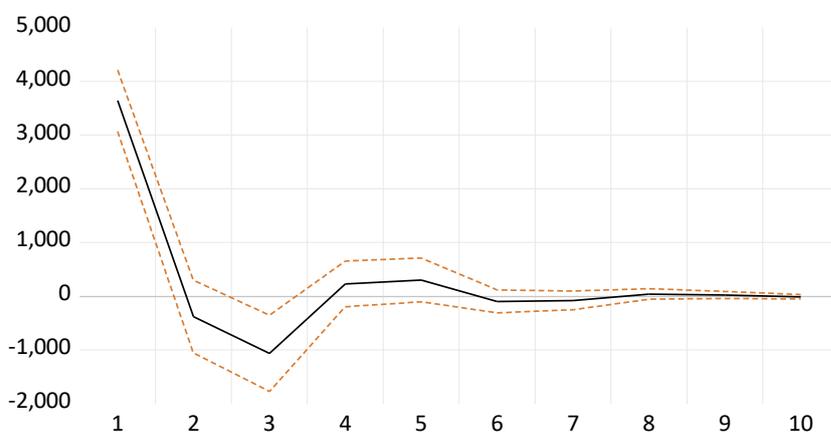
**Análisis Comparativo:** Si tienes otras variables en tu modelo VAR (por ejemplo, Ingreso Disponible), podrías realizar un análisis de impulso-respuesta cruzado para observar cómo un choque en una variable afecta a otra (por ejemplo, cómo un choque en el ingreso disponible afecta el consumo privado y viceversa).

**Descomposición de la Varianza (Variance Decomposition):** Podrías realizar una descomposición de la varianza para entender qué porcentaje de la variabilidad en el Consumo Privado a lo largo del tiempo es atribuible a sus propios choques y qué porcentaje se debe a choques en otras variables.

**Figura 5.**

*Función de Impulso-Respuesta (IRF) D\_CON\_PRIV (Consumo Privado diferenciado) en respuesta a un choque o innovación en sí misma (D\_CON\_PRIV Innovation) dentro de un modelo VAR, utilizando el factor de descomposición de Cholesky.*

Response of D\_CON\_PRIV to D\_CON\_PRIV Innovation  
using Cholesky (d.f. adjusted) Factors



**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

El gráfico muestra que un choque positivo en el consumo privado tiene un impacto inmediato positivo seguido de una corrección negativa, y que el efecto del choque desaparece en pocos períodos.

**3.7. Análisis del Test de Cointegración de Johansen**

Este es el resultado de un Test de Cointegración de Johansen aplicado a la serie de D\_CON\_PRIV (Consumo Privado Diferenciado) y D\_ING\_DISP (Ingreso Disponible Diferenciado), junto con el término de corrección de error ECT(-1) como serie exógena. El objetivo de este test es determinar si existe una relación de largo plazo entre las variables, incluso cuando hay una tendencia determinística lineal en los datos.

**Tabla 6.**

*Test de Cointegración de Johansen*

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesize		Trace	0.05 Critical Value	Prob.**
d	Eigenvalue			
No. of CE(s)		Statistic		
None *	0.348297	34.25334	3.841465	0.0000

Trace test indicates 1 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)

Hypothesize		Max-Eigen	0.05 Critical Value	Prob.**
d	Eigenvalue			
No. of CE(s)		Statistic		
None *	0.348297	34.25334	3.841465	0.0000

---



---

Max-eigenvalue test indicates 1 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  $b'S_{11}b=I$ ):

---



---

D\_CON\_PRIV  
IV  
0.000494

---



---

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

---



---

D(D\_CON\_PRIV) -2589.743

---



---

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

Dado que el estadístico de Trace (34.25334) es mucho mayor que el valor crítico de 3.841465 y el p-valor es 0.0000, podemos rechazar la hipótesis nula de no cointegración. Esto indica que existe una ecuación de cointegración, lo que implica que las variables están relacionadas en el largo plazo. En otras palabras, existe una relación de equilibrio entre D\_CON\_PRIV y D\_ING\_DISP, lo que significa que, aunque las variables puedan desviarse en el corto plazo, tienden a regresar a un equilibrio a largo plazo.

Prueba de Máximo Valor Propio (Maximum Eigenvalue Test): Resultados del Max-Eigenvalue Test

El estadístico de Max-Eigenvalue es también mucho mayor que el valor crítico, y el p-valor es 0.0000, lo que confirma los resultados del Trace Test. El test de Max-Eigenvalue también indica que existe una ecuación de cointegración. Esto significa que las variables están cointegradas, es decir, comparten una relación de largo plazo.

Coefficientes de Cointegración Normalizados para D\_CON\_PRIV: 0.000494. El coeficiente de cointegración indica la relación entre Consumo Privado e Ingreso Disponible en el largo plazo. Un valor positivo y muy pequeño sugiere que el consumo privado está positivamente relacionado con el ingreso disponible, pero el coeficiente es pequeño, lo que sugiere que la magnitud del impacto de un cambio en el ingreso disponible sobre el consumo privado en el largo plazo es limitada.

Coefficientes de Ajuste (Alpha) D\_CON\_PRIV: -2589.743: El coeficiente de ajuste ( $\alpha$ ) muestra cómo D\_CON\_PRIV (el consumo privado) ajusta hacia el equilibrio de largo plazo después de un choque. Un coeficiente negativo y de gran magnitud (-2589.743) indica que, tras un choque, el consumo privado ajusta fuertemente para corregir las desviaciones del equilibrio de largo plazo. Este ajuste es considerablemente fuerte, lo que sugiere que el consumo privado reacciona de manera rápida a los desequilibrios en la relación de largo plazo con el ingreso disponible.

Relación de Largo Plazo (Cointegración): Tanto el Trace Test como el Max-Eigenvalue Test indican que existe una ecuación de cointegración entre el consumo privado (D\_CON\_PRIV) y el ingreso disponible (D\_ING\_DISP), lo que sugiere que hay una relación de largo plazo entre estas variables. Aunque puedan experimentar fluctuaciones a corto plazo, tienden a regresar a un equilibrio común en el largo plazo.

**Magnitud del Impacto de Largo Plazo:** El coeficiente de cointegración es positivo, lo que implica que un aumento en el ingreso disponible lleva a un incremento en el consumo privado en el largo plazo. Sin embargo, el coeficiente es muy pequeño, lo que indica que la relación no es de gran magnitud.

**Fuerte Ajuste Hacia el Equilibrio:** El coeficiente de ajuste ( $\alpha$ ) es negativo y considerablemente grande en valor absoluto, lo que sugiere que el consumo privado ajusta con rapidez y fuerza hacia el equilibrio de largo plazo cuando hay un desequilibrio. Este ajuste rápido es crucial para mantener el equilibrio en la relación entre el ingreso disponible y el consumo privado.

### 3.8. Análisis del Test de Cointegración de Johansen

Este es el resultado de un Test de Cointegración de Johansen aplicado a la serie de D\_CON\_PRIV (Consumo Privado Diferenciado) y D\_ING\_DISP (Ingreso Disponible Diferenciado), junto con el término de corrección de error ECT(-1) como serie exógena. El objetivo de este test es determinar si existe una relación de largo plazo entre las variables, incluso cuando hay una tendencia determinística lineal en los datos.

**Tabla 7.**

*Test de Cointegración de Johansen*

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesize		Trace	0.05 Critical Value	Prob.**
d	Eigenvalue			
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic		
None *	0.348297	34.25334	3.841465	0.0000

Trace test indicates 1 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)

Hypothesize		Max-Eigen	0.05 Critical Value	Prob.**
d	Eigenvalue			
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic		
None *	0.348297	34.25334	3.841465	0.0000

Max-eigenvalue test indicates 1 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  $b'S_{11}^{-1}b=I$ ):

D_CON_PR	
IV	
	0.000494

## Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

### Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

---



---

D(D_CON_	
PRIV)	-2589.743

---



---

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

Dado que el estadístico de Trace (34.25334) es mucho mayor que el valor crítico de 3.841465 y el p-valor es 0.0000, podemos rechazar la hipótesis nula de no cointegración. Esto indica que existe una ecuación de cointegración, lo que implica que las variables están relacionadas en el largo plazo. En otras palabras, existe una relación de equilibrio entre D\_CON\_PRIV y D\_ING\_DISP, lo que significa que, aunque las variables puedan desviarse en el corto plazo, tienden a regresar a un equilibrio a largo plazo.

El estadístico de Max-Eigenvalue es también mucho mayor que el valor crítico, y el p-valor es 0.0000, lo que confirma los resultados del Trace Test. El test de Max-Eigenvalue también indica que existe una ecuación de cointegración. Esto significa que las variables están cointegradas, es decir, comparten una relación de largo plazo.

El coeficiente de cointegración indica la relación entre Consumo Privado e Ingreso Disponible en el largo plazo. Un valor positivo y muy pequeño sugiere que el consumo privado está positivamente relacionado con el ingreso disponible, pero el coeficiente es pequeño, lo que sugiere que la magnitud del impacto de un cambio en el ingreso disponible sobre el consumo privado en el largo plazo es limitado.

El coeficiente de ajuste ( $\alpha$ ) muestra cómo D\_CON\_PRIV (el consumo privado) ajusta hacia el equilibrio de largo plazo después de un choque. Un coeficiente negativo y de gran magnitud (-2589.743) indica que, tras un choque, el consumo privado ajusta fuertemente para corregir las desviaciones del equilibrio de largo plazo. Este ajuste es considerablemente fuerte, lo que sugiere que el consumo privado reacciona de manera rápida a los desequilibrios en la relación de largo plazo con el ingreso disponible.

Relación de Largo Plazo (Cointegración): Tanto el Trace Test como el Max-Eigenvalue Test indican que existe una ecuación de cointegración entre el consumo privado (D\_CON\_PRIV) y el ingreso disponible (D\_ING\_DISP), lo que sugiere que hay una relación de largo plazo entre estas variables. Aunque puedan experimentar fluctuaciones a corto plazo, tienden a regresar a un equilibrio común en el largo plazo.

Magnitud del Impacto de Largo Plazo: El coeficiente de cointegración es positivo, lo que implica que un aumento en el ingreso disponible lleva a un incremento en el consumo privado en el largo plazo. Sin embargo, el coeficiente es muy pequeño, lo que indica que la relación no es de gran magnitud.

Fuerte Ajuste Hacia el Equilibrio: El coeficiente de ajuste ( $\alpha$ ) es negativo y considerablemente grande en valor absoluto, lo que sugiere que el consumo privado ajusta con rapidez y fuerza hacia el equilibrio de largo plazo cuando hay un desequilibrio. Este ajuste rápido es crucial para mantener el equilibrio en la relación entre el ingreso disponible y el consumo privado.

### 3.9. Análisis del Structural VAR (SVAR)

Este resultado corresponde a un Modelo VAR Estructural (SVAR) estimado mediante máxima verosimilitud utilizando el método de Newton-Raphson. Un SVAR permite descomponer las relaciones entre las variables de un sistema dinámico, identificando cómo

los shocks estructurales afectan a las variables endógenas a lo largo del tiempo. En este caso, se está modelando la relación entre el Consumo Privado y una variable exógena como el Ingreso Disponible.

**Tabla 8.**

*Structural VAR (SVAR) con el Método de Newton-Raphson*

Model:  $A\epsilon = Bu$  where  $E[uu'] = I$

A =

1

B =

C(1)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	3656.153	287.2546	12.72792	0.0000

Log likelihood -779.4715

Estimated A matrix:

1.000000

Estimated B matrix:

3656.153

Estimated S matrix:

3656.153

Estimated F matrix:

2604.135

**Nota.** Elaboración propia. Datos tomados del BCRP.

Modelo SVAR:  $A\epsilon = B\mu$ , donde  $E[uu'] = I$

El modelo estructural estimado es del tipo:  $A\epsilon_t = Bu_t$

Donde:

A es la matriz de coeficientes que ajusta los choques estructurales.

B es la matriz que conecta los choques estructurales a las variables observables.

u son los choques estructurales (no observables).

$\epsilon$  son las variables observadas (en este caso, Consumo Privado).

El modelo es justamente identificado, lo que significa que el número de restricciones impuestas es el suficiente para poder identificar los choques estructurales.

C(1) es el coeficiente que conecta el choque estructural a la variable observable en el sistema. En este caso, un choque estructural en el modelo tiene un efecto positivo y significativo en la variable. Dado que el estadístico z es alto y el p-valor es extremadamente bajo, podemos concluir que este coeficiente es estadísticamente significativo. Esto implica que un choque estructural en el sistema provoca un incremento considerable en la variable observada (en este caso, probablemente el Consumo Privado). El coeficiente de 3656.153 indica que, tras un choque estructural, el consumo privado experimenta un aumento notable.

**3.9.1. Matrices Estimadas**

El modelo proporciona estimaciones para varias matrices clave del SVAR.

- a. Matriz A: La Matriz A es una identidad (1), lo que significa que los choques estructurales están directamente relacionados con las variables observables sin ninguna transformación adicional.
- b. Matriz B: La Matriz B incluye el coeficiente estimado de 3656.153, que indica el impacto de los shocks estructurales en las variables endógenas. Este valor es crucial para entender la magnitud del impacto que los shocks estructurales tienen en la economía observada (en este caso, el Consumo Privado).
- c. Matriz S y F: La Matriz S y la Matriz F reflejan el impacto de los choques en el sistema.  
 Matriz S = 3656.153: Esta matriz captura la varianza de los choques estructurales en el sistema.  
 Matriz F = 2604.135: La matriz F se refiere a la dinámica entre los diferentes choques estructurales en el sistema.

Log-Likelihood (Verosimilitud Logarítmica): -779.4715. Este valor indica el ajuste del modelo a los datos observados. Valores más altos de la verosimilitud logarítmica indican un mejor ajuste del modelo a los datos.

Impacto de los Shocks Estructurales: El coeficiente C(1) de 3656.153 indica que un choque estructural en el sistema tiene un impacto significativo y positivo en la variable observable (Consumo Privado). Este es un resultado consistente con la teoría económica, que sugiere que un choque positivo en la economía puede llevar a un aumento considerable en el consumo privado.

Significancia Estadística: El coeficiente es altamente significativo, como lo indica el estadístico z de 12.72792 y el p-valor de 0.0000. Esto confirma que los choques estructurales estimados son relevantes para explicar las variaciones en el consumo privado.

Modelo Justamente Identificado: El hecho de que el modelo sea justamente identificado asegura que las restricciones impuestas son suficientes para descomponer los shocks en componentes estructurales y observar cómo estos afectan a las variables económicas clave.

Magnitud del Shock: La magnitud del coeficiente estimado para los choques estructurales indica que estos tienen un impacto considerable en el consumo privado. Los resultados sugieren que un shock positivo en la economía generará un aumento significativo en el consumo privado, lo cual es coherente con la dinámica de una economía en crecimiento.

#### 4. DISCUSION

El análisis realizado en este trabajo revela importantes insights sobre la relación entre el ingreso disponible y el consumo privado en el Perú, situando la discusión en el marco de la teoría keynesiana. A lo largo del estudio, se evidencia cómo el ingreso disponible actúa como un factor crucial que determina el comportamiento del consumo en los hogares peruanos, tanto en el corto como en el largo plazo. Esta relación es de especial relevancia para las economías en desarrollo, como es el caso del Perú, donde los cambios en la renta disponible pueden tener efectos profundos y duraderos sobre la demanda agregada y, en consecuencia, sobre el crecimiento económico.

##### 4.1. Relación entre ingreso disponible y consumo privado en el contexto peruano

La relación entre el ingreso disponible y el consumo privado ha sido ampliamente estudiada en diversas economías, y este estudio confirma que la misma relación se manifiesta de manera sólida en el Perú. En economías emergentes, donde una gran proporción de los hogares destina la mayoría de su ingreso disponible al consumo, cualquier cambio en las condiciones fiscales, laborales o inflacionarias puede alterar significativamente el comportamiento del consumo privado. Esto coincide con la teoría keynesiana, la cual postula

que el consumo es una función directa del ingreso disponible y que los hogares ajustan su consumo de acuerdo con los cambios en su ingreso.

La particularidad del caso peruano es que, debido a factores estructurales como la informalidad laboral y la falta de seguridad social en amplios sectores de la población, las fluctuaciones en el ingreso disponible tienden a ser más volátiles. Esta inestabilidad puede hacer que el consumo privado también experimente mayor variabilidad, lo que plantea retos adicionales para el diseño de políticas económicas que busquen estabilizar el consumo.

#### **4.2. Perspectiva de la teoría keynesiana y su aplicación al caso peruano**

La teoría keynesiana establece que las políticas fiscales pueden jugar un papel crucial en influir sobre el nivel de ingreso disponible y, por ende, sobre el consumo. En línea con esta teoría, los resultados de este estudio muestran que un incremento en el ingreso disponible está asociado con un aumento significativo en el consumo privado. Este hallazgo refuerza la idea de que las políticas de estímulo económico, como la reducción de impuestos o el aumento de las transferencias sociales, pueden ser efectivas para impulsar la demanda interna en momentos de desaceleración económica.

Sin embargo, el ajuste de corto plazo revelado por el Modelo de Corrección de Errores (ECM) sugiere que el impacto de los cambios en el ingreso disponible no es inmediato, sino que toma tiempo en manifestarse completamente. Esto puede estar relacionado con la estructura del mercado laboral peruano, donde la alta informalidad y la falta de acceso a crédito pueden limitar la capacidad de los hogares para ajustar su consumo de manera rápida ante cambios en su ingreso disponible. Estos factores estructurales, que no están completamente capturados en la teoría keynesiana clásica, muestran la necesidad de adaptar la teoría a las particularidades de cada economía.

#### **4.3. Impacto de las crisis externas y vulnerabilidad del consumo privado**

El análisis de los datos, especialmente en los años recientes (2019-2022), muestra que el consumo privado es vulnerable a choques externos. La pandemia de COVID-19 es un claro ejemplo de un choque externo que alteró de manera significativa el ingreso disponible y, por lo tanto, el consumo privado. Las políticas fiscales implementadas durante ese período, como transferencias directas a los hogares y facilidades para la extracción de fondos de pensiones, fueron cruciales para sostener el consumo en el corto plazo. Sin embargo, las descomposiciones históricas y el análisis de residuos sugieren que estos choques provocaron un incremento en la volatilidad del consumo privado, lo que refuerza la idea de que el ingreso disponible debe ser protegido durante períodos de crisis.

Además, el impacto de la inflación se ha hecho más evidente en los últimos años, debilitando el poder adquisitivo de los hogares y erosionando los efectos positivos de cualquier aumento nominal en el ingreso disponible. Esta interacción entre la inflación y el consumo privado pone de manifiesto la importancia de mantener un entorno macroeconómico estable y de implementar políticas fiscales y monetarias coordinadas.

#### **4.4. Limitaciones del análisis y futuros enfoques**

A pesar de los hallazgos sólidos presentados, este estudio enfrenta algunas limitaciones que merecen ser discutidas. En primer lugar, el modelo econométrico utilizado se basa en la teoría keynesiana clásica, la cual no contempla en profundidad factores estructurales como la informalidad o el acceso desigual al crédito, que son características prominentes de la economía peruana. Estos factores pueden influir en cómo los hogares responden a cambios en su ingreso disponible y, por lo tanto, podrían ser objeto de estudios más detallados que utilicen modelos con mayor complejidad.

Asimismo, el análisis no incluye una evaluación detallada de las diferencias entre distintos grupos de ingresos. Es probable que los hogares de bajos ingresos, que destinan una mayor

proporción de su ingreso al consumo básico, sean más sensibles a los cambios en el ingreso disponible que los hogares de altos ingresos. Incluir este tipo de segmentación en estudios futuros permitiría obtener conclusiones más precisas sobre las elasticidades del consumo y mejorar las políticas de redistribución.

#### **4.5. Implicancias teóricas y prácticas**

El estudio contribuye a la validación empírica de la teoría keynesiana en el contexto peruano y resalta la relevancia de las políticas fiscales como herramientas para influir en la demanda agregada a través del ingreso disponible. No obstante, las limitaciones de la teoría keynesiana para capturar las particularidades de una economía con un sector informal grande y volátil sugieren la necesidad de complementarla con otras perspectivas teóricas, como las de la economía estructuralista o neoestructuralista, que pueden ofrecer una visión más completa de los desafíos que enfrentan las economías emergentes como la peruana.

En términos prácticos, los hallazgos ofrecen una clara guía para la formulación de políticas. Las medidas que incrementen el ingreso disponible, ya sea a través de políticas de transferencias directas, reducciones tributarias o estímulos laborales, tendrán un impacto positivo en el consumo privado y, por lo tanto, en el crecimiento económico. Además, la necesidad de estabilizar el ingreso disponible mediante políticas contra la inflación y mecanismos de protección social se hace evidente para evitar que los choques externos desestabilicen el consumo privado y, por ende, la economía en su conjunto.

En resumen, la discusión resalta que la relación entre ingreso disponible y consumo privado es clara y significativa en el Perú, pero que el contexto particular de esta economía demanda un enfoque más amplio que capture sus complejidades estructurales. La teoría keynesiana ofrece una base sólida, pero su aplicación debe complementarse con modelos que incluyan las particularidades del mercado laboral y los efectos redistributivos de las políticas fiscales.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

Existe una relación sólida entre ingreso disponible y consumo privado, donde el análisis econométrico confirma la existencia de una fuerte relación entre el ingreso disponible y el consumo privado en el Perú durante el período 2003-2023. El ingreso disponible se presenta como el principal motor del consumo privado, lo que es consistente con la teoría keynesiana.

El ajuste de corto plazo lento hacia el equilibrio de largo plazo, donde los resultados del Modelo de Corrección de Errores (ECM) sugieren que, aunque existe una relación de largo plazo entre el ingreso disponible y el consumo privado, el ajuste hacia el equilibrio es relativamente lento. Esto indica que los desequilibrios en el corto plazo no se corrigen de manera rápida, lo que puede deberse a la naturaleza inelástica del consumo en ciertos contextos económicos.

Para el impacto positivo del ingreso disponible en el corto plazo, en el corto plazo, los aumentos en el ingreso disponible generan incrementos significativos en el consumo privado. Esta relación es clara y fuerte, lo que refuerza la importancia de políticas que incentiven el ingreso disponible de los hogares para impulsar el consumo privado.

### **5.2. Recomendaciones**

Fortalecimiento de la política fiscal expansiva, dado que los resultados del modelo econométrico muestran que el ingreso disponible es un fuerte determinante del consumo privado, se recomienda implementar políticas fiscales que incrementen el ingreso disponible de los hogares. Esto puede lograrse a través de reducciones en la carga

tributaria para las clases medias y bajas, así como la ampliación de transferencias sociales.

Para los programas de estímulo al consumo en períodos de crisis, se debe considerar la implementación de programas de estímulo al consumo durante períodos de crisis económicas o recesiones, como transferencias directas o incentivos para el consumo. El análisis demuestra que un aumento en el ingreso disponible genera un efecto multiplicador en el consumo, lo que podría impulsar la demanda agregada en momentos de desaceleración económica.

Se debería dar una reforma estructural del mercado laboral, dado que el consumo privado también está vinculado a la estabilidad del ingreso disponible, una mejora en las condiciones laborales y una mayor formalización del empleo permitirían a los hogares mantener ingresos más estables, lo que promovería un consumo sostenido en el largo plazo.

Para el monitoreo de la inflación y su impacto en el consumo, el estudio sugiere que la inflación puede tener un impacto adverso sobre el ingreso disponible real. Se recomienda que el gobierno mantenga políticas de control inflacionario que eviten una pérdida significativa del poder adquisitivo, lo que podría afectar negativamente el consumo privado.

### **5.3. Implicancias de política**

**Políticas de transferencias directas y apoyo social:** El gobierno debería continuar y ampliar los programas de transferencias directas a los sectores más vulnerables. Estos programas no solo apoyan a los hogares en situaciones de necesidad, sino que también tienen un impacto positivo en la economía a través del estímulo al consumo.

**Revisión de la política tributaria:** Es recomendable evaluar una posible reforma tributaria que reduzca la carga fiscal sobre los ingresos disponibles, especialmente para los hogares de menores ingresos. La reducción de impuestos podría aumentar la renta disponible, lo que se traduciría en un mayor consumo y, por tanto, en un impulso a la demanda agregada.

**Sostenibilidad fiscal en momentos de choque económico:** En momentos de crisis económicas, como lo demostró la pandemia de COVID-19, es fundamental que el gobierno esté preparado para aplicar políticas fiscales expansivas que sostengan el consumo privado. Esto puede incluir no solo transferencias directas, sino también incentivos fiscales para la creación de empleo y la formalización del trabajo.

**Políticas de estabilización macroeconómica:** El gobierno debe monitorear de cerca las fluctuaciones macroeconómicas, asegurando la estabilidad de los precios y la inflación. Un entorno macroeconómico estable es crucial para mantener el poder adquisitivo de los hogares y fomentar un consumo privado sostenido.

En resumen, esta investigación proporciona evidencia sólida de que las políticas económicas que aumentan el ingreso disponible de los hogares tienen un impacto directo y positivo en el consumo privado, lo que a su vez contribuye al crecimiento económico general del país. Las recomendaciones políticas deben enfocarse en proteger y aumentar el ingreso disponible de los hogares peruanos, asegurando un entorno económico estable y predecible que fomente la inversión y el consumo.

## 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

**PL:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización; **PU:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización; **AV:** Redacción: revisión y edición, Conceptualización, **MG:** Redacción: borrador original, Análisis formal; **AC:** Redacción: Metodología, **MM:** Administración del proyecto.

## 8. FINANCIAMIENTO

El presente trabajo de investigación ha sido autofinanciado.

## 9. ABREVIATURAS

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)

R<sup>2</sup>: Coeficiente de Determinación

## 10. REFERENCIAS

- Anampa, F. P. (2020). DETERMINANTES DEL CONSUMO PRIVADO EN LA REGIÓN DE HUANCAVELICA 1995 –2018. Obtenido de <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/rio/article/view/124/360>
- Ángel, A. (1999). La función consumo: síntesis y perspectivas. Revista Universidad EAFIT, 35(115), 41-55. Obtenido de <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1057/952>
- Ascencios, R., & Castellares, R. (2021). Análisis del consumo privado a partir de la encuesta nacional de hogares. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-185/moneda-185-08.pdf>
- Barahona, A. M. (2020). Honduras: producción, consumo y conformación del ingreso disponible bruto 2000-2017. Obtenido de <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/12089/11651032-octubre2020-120-pg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BCR. (2004). Memoria Anual 2004. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2004/Memoria-BCRP-2004-1.pdf>

- BCR. (2008). Memoria Anual 2008. Perú. doi:<https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2008.html>
- BCR. (2015). Memoria Anual 2015. Perú. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2015/memoria-bcrp-2015.pdf>
- BCR. (2016). Memoria Anual 2016. Perú. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2016/memoria-bcrp-2016.pdf>
- BCR. (2020). Memoria Anual 2020. Perú. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2020/memoria-bcrp-2020.pdf>
- BCRP. (2005). Reporte de inflacion. 28. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2005/Reporte-Inflacion-Mayo-2005.pdf>
- BCRP. (2008). Memoria Anual. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2008/Memoria-BCRP-2008.pdf>
- BCRP. (2019). El consumo privado a partir de las tablas. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-178/moneda-178-09.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2019). Memoria anual. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2019/memoria-bcrp-2019-1.pdf>
- BCRP, M. (2005). Productividad y Empleo. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2005/Memoria-BCRP-2005-1.pdf>
- Cerna, E. (2024). ¿Qué es el consumo autónomo? <https://enorcerna.com/que-es/que-es-el-consumo-autonomo>
- El Peruano. (15 de agosto de 2022). Obtenido de <https://www.elperuano.pe/noticia/179678-consumo-privado-al-alza>
- Faster Capital. (2024). Obtenido de <https://fastercapital.com/es/contenido/Ingresos-disponibles--ingreso-disponible-y-su-influencia-en-la-demanda-agregada.html>
- Fernandez , S., & Georgia , R. (2023). ¿La Inversión Pública tiene efectos crowding out en el Consumo Privado? Perú. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/669747/Fernandez\\_SG.pdf?sequence=15&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/669747/Fernandez_SG.pdf?sequence=15&isAllowed=y)
- Figueroa Huaman, B. P. (2019). CORRELACION DEL CONSUMO CON EL INGRESO DISPONIBLE E INGRESO PERMANENTE: CASO PERU 1990-2017. Obtenido de [https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3460/T033\\_70895570\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3460/T033_70895570_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, E. (2022). El consumo privado en el Perú, periodo: 2000 - 2014. Perú. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/32122327-cee4-488b-ae3e-8a7b71120f77/content>
- Gonzales, M. A. (2020). Sensibilidad y asimetrías ante choques de ingresos con el consumo privado en Mexico 1995-2017. Obtenido de <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c5b1e0dc-a15a-4c07-b90e-c0cba3eab164%40redis>
- Huamani, F. (2022). Evolución del consumo privado en el Perú. Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/565639625/Evolucion-el-Consumo-privado-en-el-Peru>

- INEI. (2013). Comportamiento de la economía Peruana 1950-2013. Perú. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1160/cap01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1160/cap01.pdf)
- INEI. (2020). Comportamiento de la economía Peruana 1950-2020. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1799/cap01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1799/cap01.pdf)
- INEI. (2021). Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3159741/Panorama%20de%20la%20Econom%C3%ADa%20Peruana%201950-2021.pdf.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). Panorama de la economía peruana 1950-2019. [https://doi.org/https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1726/Libro.pdf](https://doi.org/https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1726/Libro.pdf)
- Instituto Peruano de Economía. (26 de Noviembre de 2023). El empleo sufriría la mayor caída en al menos dos décadas. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/el-empleo-sufriria-la-mayor-caida-en-al-menos-dos-decadas/>
- IPE. (30 de Septiembre de 2023). El comercio. Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/peru/economia-peruana-el-consumo-privado- apenas-crecio-03-en-primer- semestre-y-estas-son-las-razones-retroceso-en-salarios-bcr-menor-poder-adquisitivo-noticia/?ref=ecr>
- La cámara. (2021). Obtenido de <https://lacamara.pe/consumo-privado-en-peru-creceria-09-en-primer-trimestre/?print=print>
- Miñán, R. R. (2006). Memoria inflacionaria. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-2006.pdf>
- Morettini, M. (2002). Principales teorías macroeconómicas sobre el Consumo. Argentina. Obtenido de <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1887/1/01486.pdf>
- Noceda, W. (2024). doi:<https://amcham.org.pe/news/consumo-e-inversion-privada-fueron-las-variables-mas-afectadas-del-2023/>
- Oliva, L. E. (2019). Estimación de corto y largo plazo de la función consumo keynesiana. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/280/28060161011/html/#:~:text=La%20teor%C3%ADa%20de%20Keynes%20supone,adquisici%C3%B3n%20de%20bienes%20y%20servicios.>
- OMS. (2020). Respuesta a la emergencia por Covid-19 en Peru. Obtenido de <https://www.paho.org/es/respuesta-emergencia-por-covid-19-peru#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20el%2005,909%20870%20casos%20confirmados%2C%2029>
- Pajares, D. (2023). Impacto de la Política Monetaria sobre el consumo privado del Perú desde el año 2000 al 2019. Perú. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/669585/Pajares\\_GD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/669585/Pajares_GD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Quispe, E. G. (2022). EL CONSUMO PRIVADO EN EL PERÚ, PERÍODO: 2000 - 2014. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/32122327- cee4-488b-ae3e-8a7b71120f77/content>
- Ramos, A. (29 de Noviembre de 2023). Infobae. Obtenido de <https://www.infobae.com/peru/2023/11/29/consumo-privado-cae-en-peru-por-primera-vez-en-20-anos-sin-contar-con-el-periodo-de-pandemia/>
- Solano, J. A. (2019). La hipótesis del ingreso permanente y la función de consumo de Ecuador. Evidencia para el periodo 2000 –2018. Obtenido de <http://201.159.222.115/index.php/innova/article/view/1138/1604>



## Impacto del secado y la extracción asistida por ultrasonidos en el contenido fenólico total de pulpa de nopal (*Opuntia ficus*)

Impact of drying and ultrasound-assisted extraction on total phenolic content of cactus pear (*Opuntia ficus*) pulp

-  [Isla-Cárdenas, Ariana Metis<sup>1</sup>](#)  
 [Juárez-Crisanto, Bravand Yean Pierre<sup>1</sup>](#)  
 [Arana-Torres, Nancy Maribel<sup>1</sup>](#)  
 [Ruiz-Flores, Luis Alberto<sup>1</sup>](#)  
 [Muñoz-More, Henry Daniel<sup>1</sup>](#)  
 [Nole-Jaramillo, Juliana Maricielo<sup>1</sup>](#)  
 [Espinoza-Espinoza, Luis Alfredo<sup>1</sup>](#)  
 [Cornelio-Santiago, Heber Peleg<sup>1</sup>](#)  
 [Valdiviezo-Marcelo, Jaime<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Recibido: 27 Nov. 2024 | Aceptado: 28 Nov. 2024 | Publicado: 07 Ene. 2024

Autor de correspondencia\*: [jvaldiviezom@unf.edu.pe](mailto:jvaldiviezom@unf.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Valdiviezo-Marcelo, J. & Isla-Cárdenas, A.M. & Juárez-Crisanto, B.Y.P. & Arana-Torres, N.M. & Ruiz-Flores, L.A. & Muñoz-More, H.D. & Nole-Jaramillo, J.M. & Espinoza-Espinoza, L.A. & Cornelio-Santiago, H.P. (2024). Impacto del secado asistida por ultrasonidos en el contenido fenólico total de pulpa de nopal (*Opuntia ficus*). *Revista Científica Aypate*, 3(4), 49–61. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.119>

### RESUMEN

**Introducción:** La pulpa de nopal (*Opuntia ficus*) contiene valiosos compuestos bioactivos, incluyendo compuestos fenólicos. Este estudio investigó el efecto de la temperatura de secado y la extracción asistida por ultrasonidos (EAU) sobre el contenido fenólico total (TPC) de cladodios de nopal.

**Métodos:** Se secaron láminas de cladodios de nopal por aire caliente a 50, 60, 70 y 80°C. Las muestras secas se sometieron a EAU a frecuencias de 37 y 80 kHz durante 20 y 30 minutos. Se realizó también una extracción convencional por agitación. El TPC se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu. Se aplicó un diseño factorial 3A×2B×3C y se analizaron los datos mediante ANOVA y prueba de Tukey.

**Resultados:** Se observaron interacciones significativas entre las variables estudiadas sobre el TPC extraído ( $p < 0.05$ ). El mayor contenido fenólico ( $265.37 \pm 10.08$  mg GAE/100g) se obtuvo con una temperatura de secado de 50°C, frecuencia ultrasónica de 80 kHz y 20 minutos de tratamiento. La EAU propició una mayor recuperación de TPC comparado con la extracción convencional. El incremento de la temperatura de secado de 50°C a 70°C resultó en una disminución del 69% en el TPC extraído.

**Discusión:** Los resultados demuestran que tanto la temperatura de secado como los parámetros de EAU influyen significativamente en la extracción de compuestos fenólicos de cladodios de nopal. La temperatura de secado de 50°C y tiempos cortos de EAU (20 min) fueron más efectivos para la extracción de TPC. Temperaturas más altas pueden degradar

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.



los compuestos fenólicos. La optimización de estas condiciones permitirá maximizar la obtención de compuestos bioactivos, lo cual tiene implicaciones importantes para su aplicación en la industria alimentaria.

**Palabras clave:** Compuestos bioactivos, cladodios de nopal, EAU, secado por aire caliente, condiciones de extracción.

## ABSTRACT

**Introduction:** Cactus pear pulp (*Opuntia ficus*) contains valuable bioactive compounds, including phenolic compounds. This study investigated the effect of drying temperature and ultrasound-assisted extraction (UAE) on the total phenolic content (CPT) of cactus pear cladodes.

**Methods:** Cactus pear cladode slices were hot air dried at 50, 60, 70 and 80°C. Dried samples were subjected to EAU at frequencies of 37 and 80 kHz for 20 and 30 minutes. Conventional extraction by agitation was also performed. TPC was determined using the Folin-Ciocalteu method. A 3A×2B×3C factorial design was applied, and data were analyzed using ANOVA and Tukey's test.

**Results:** Significant interactions were observed between the studied variables on the extracted CPT ( $p < 0.05$ ). The highest phenolic content ( $265.37 \pm 10.08$  mg GAE/100g) was obtained with a drying temperature of 50°C, ultrasonic frequency of 80 kHz, and 20 minutes of treatment. UAE led to a higher recovery of CPT compared to conventional extraction. Increasing the drying temperature from 50°C to 70°C resulted in a 69% decrease in extracted CPT.

**Discussion:** The results demonstrate that both drying temperature and EAU parameters significantly influence the extraction of phenolic compounds from cactus pear cladodes. A drying temperature of 50°C and short UAE times (20 min) were more effective for CPT extraction. Higher temperatures may degrade phenolic compounds. Optimization of these conditions will maximize the obtaining of bioactive compounds, which has important implications for their application in the food industry.

**Keywords:** Bioactive compounds, ctus cladodes, UAE, hot air drying, conditions for extraction.

## 1. INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia ficus*) es una planta cactácea ampliamente distribuida en regiones semiáridas de países como México, Marruecos, Túnez, Perú, Bolivia y Brasil (Kudanga y Aruwa, 2021). Esta versátil planta ofrece múltiples beneficios, siendo sus cladodios (hojas carnosas) y frutos aprovechados para el consumo humano, mientras que sus derivados como el jugo y el mucílago se utilizan en la purificación del agua (Mahdeb et al., 2021). Los cladodios de nopal han despertado un creciente interés en la comunidad científica y la industria alimentaria debido a sus propiedades funcionales, atribuidas a su alto contenido de compuestos bioactivos como ácidos orgánicos, fibra, mucílagos, pigmentos, minerales y compuestos fenólicos (Aragona et al., 2018; Barba et al., 2022).

Los compuestos fenólicos, también conocidos como polifenoles, son metabolitos secundarios presentes en las plantas que poseen propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud humana. En el caso específico de los cladodios de nopal, Martínez-Soto et al. (2016) reportaron un contenido fenólico total que oscila entre 100 y 230 mg GAE/100 g de muestra fresca. Sin embargo, la extracción eficiente de estos compuestos bioactivos representa un desafío tecnológico, ya que los métodos convencionales de extracción a menudo implican el

uso de altas temperaturas, largos tiempos de procesamiento y un elevado consumo de solventes y energía (Medina-Torres et al., 2017).

En respuesta a estas limitaciones, la comunidad científica ha explorado técnicas alternativas de extracción, entre las cuales destaca la extracción asistida por ultrasonidos (EAU). Esta tecnología emergente ha demostrado ser prometedora para la obtención de compuestos de alta calidad en tiempos reducidos, gracias al fenómeno de cavitación que facilita la ruptura celular y mejora la transferencia de masa (Bhargava et al., 2021; Fu et al., 2020). La EAU se caracteriza por su simplicidad, bajo costo de equipamiento, cortos tiempos de extracción, alta calidad de los extractos obtenidos, limitado consumo de solventes y menor daño a los compuestos sensibles al calor (Albero et al., 2019; Altemimi et al., 2015).

Investigaciones previas han explorado la eficacia de la EAU en la extracción de compuestos fenólicos de diversas matrices vegetales. Mahdeb et al. (2021) estudiaron la extracción asistida por ultrasonidos (42 kHz) de cladodios de nopal y observaron que el rendimiento de compuestos fenólicos totales aumentaba con el tiempo de sonicación, alcanzando valores máximos a los 30 y 60 minutos de tratamiento. Vázquez et al. (2021) investigaron el efecto del tratamiento ultrasónico (20 kHz, 10 min) en cladodios de nopal y encontraron una mayor recuperación de compuestos fenólicos totales en comparación con muestras no tratadas. En otro estudio, Arruda et al. (2019) lograron una alta recuperación de compuestos fenólicos de la cáscara de *Araticum* con solo 5 minutos de tratamiento ultrasónico.

A pesar de estos avances, aún existen interrogantes sobre cómo los diferentes parámetros del proceso afectan la extracción de compuestos fenólicos de los cladodios de nopal. Factores como la temperatura de secado previa a la extracción, la frecuencia de ultrasonidos y el tiempo de exposición al tratamiento ultrasónico pueden influir significativamente en la eficiencia de extracción y la calidad de los compuestos fenólicos obtenidos. La comprensión de cómo estos parámetros interactúan y afectan el rendimiento de extracción es fundamental para sentar las bases de futuros estudios de optimización y para desarrollar protocolos eficientes que maximicen la recuperación de compuestos fenólicos de los cladodios de nopal. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo investigar el efecto de la temperatura de secado (50, 60 y 70°C) y los parámetros de extracción asistida por ultrasonidos (frecuencias de 37 y 80 kHz, tiempos de exposición de 20 y 30 minutos) sobre el contenido fenólico total de pulpa de nopal (*Opuntia ficus*).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Muestra y reactivos

Los cladodios de nopal (*Opuntia ficus*) fueron recolectados de huertos artesanales en la provincia de Sullana, región de Piura, Perú, durante los meses de febrero y marzo de 2023. Se utilizó una muestra de 5 kg de cladodios para el desarrollo de este estudio. Los especímenes fueron seleccionados in situ y posteriormente trasladados al Laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos de la Universidad Nacional de Frontera (UNF) para su procesamiento y análisis.

Para los ensayos analíticos, se emplearon los siguientes reactivos de grado analítico: ácido gálico, reactivo de Folin-Ciocalteu, carbonato de sodio (Sigma-Aldrich, ACS, Lima, Perú) y etanol (96% de pureza).

### 2.2. Preparación de la muestra y secado

Los cladodios de nopal fueron sometidos a un proceso de lavado exhaustivo con agua potable para eliminar impurezas superficiales. Posteriormente, se procedió a retirar la cubierta exterior (epidermis) de los cladodios. Utilizando una cortadora industrial, se obtuvieron láminas de pulpa con dimensiones estandarizadas de 5 cm x 10 cm x 0.5 cm. El proceso de secado se llevó a cabo en un deshidratador de bandejas (modelo ST-01, rango de temperatura 40-90°C). Las láminas fueron sometidas a cuatro temperaturas de secado diferentes (50, 60,

70 y 80°C) durante un período de 15 horas, manteniendo una velocidad constante de flujo de aire de 2.5 m/s. Tras el secado, las muestras fueron pulverizadas utilizando un molino de cuchillas (modelo A-S3000) hasta obtener un polvo fino con un tamaño de partícula inferior a 850 µm, según lo descrito por Castillo-Zapata et al. (2024) (2023).

### **2.3. Extracción de compuestos fenólicos**

#### **2.3.1. Preparación de muestras**

La extracción se realizó utilizando etanol al 96% (v/v) en una proporción 1:10 (p/v) con respecto a la muestra. El proceso de homogeneización se llevó a cabo en recipientes de vidrio con tapas metálicas. Todos los ensayos se realizaron por triplicado para asegurar la reproducibilidad de los resultados.

#### **2.3.2. Extracción asistida por ultrasonidos (EAU)**

Se pesaron 2 g de polvo de cladodios de nopal en frascos de vidrio y se añadieron 20 mL de etanol al 96% (v/v). Los frascos se sumergieron en un baño de ultrasonido (modelo P 30 H-ELMA) equipado con una canasta de acero inoxidable. El proceso de extracción se realizó bajo las siguientes condiciones de Frecuencias (37 y 80 kHz), tiempo de extracción (20 y 30 minutos), Potencia (100%) y Temperatura ambiente (25°C).

Tras el tratamiento ultrasónico, los extractos se centrifugaron a 4500 rpm durante 20 minutos. Se recuperó el sobrenadante y los extractos se homogeneizaron según cada tratamiento. Las muestras se protegieron de la luz con papel de aluminio, se etiquetaron y se almacenaron en congelación hasta su análisis (Giacometti et al., 2018).

#### **2.3.3. Extracción por agitación convencional (EAC)**

Se pesaron 2 g de polvo de cladodios de nopal en recipientes adecuados y se añadieron 20 mL de etanol al 96% (v/v). Las muestras se sometieron a agitación magnética a 2500 rpm durante dos tiempos diferentes: 20 y 30 minutos. Tras la agitación, cada muestra se centrifugó a 4500 rpm durante 20 minutos. El sobrenadante se recuperó y se homogeneizó para obtener el extracto final. Los extractos se protegieron de la luz con papel de aluminio, se etiquetaron y se almacenaron en congelación hasta su análisis (Cornelio-Santiago et al., 2019).

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

El TPC se determinó mediante un ensayo colorimétrico utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, según lo descrito por Cornelio-Santiago et al. (2019). Para ello, se mezclaron 1.364 mL de agua destilada con 0.3 mL del extracto y 136 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu. La mezcla resultante se incubó a temperatura ambiente durante 8 minutos en la oscuridad. Posteriormente, se añadieron 1.2 mL de una solución de carbonato de sodio al 7.5%, permitiendo que la reacción se completara en un lapso de 2 horas, también en oscuridad a temperatura ambiente.

Las absorbancias de las muestras se midieron a 760 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Visible (Genesys, modelo S-150, número de serie 6287015). 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**

Se empleó un diseño factorial 3x2x2, considerando los siguientes factores: temperatura de secado (50, 60 y 70°C), frecuencia de ultrasonido (37 y 80 kHz) y tiempo de extracción (20 y 30 minutos). Los datos obtenidos para cada condición de extracción se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) de tres vías, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey,

para determinar diferencias significativas entre los tratamientos con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

### 3.RESULTADOS

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

Se realizó la determinación del TPC para los extractos obtenidos en las diferentes condiciones de extracción. Los resultados para TPC se expresaron en mg GAE/100g. Para el análisis estadístico del TPC por cada tratamiento, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianza de Bartlett; para ambas pruebas los P-valor fue de 0.100 y 0.903 respectivamente, valores  $> 0.05$ . Por ende, se aplicó análisis de varianza (ANOVA), arrojando como resultado que, los factores y las interacciones son significativas, ejerciendo un efecto sobre el TPC (Tabla 1 y Figura 4). Finalmente, se contrastó a través de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, que los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí (Tabla 1).

**Tabla 9.**

*Contenido fenólico total (mg GAE/100g) de Cladodios de Nopal (Opuntia ficus-indica), en las diferentes condiciones de extracción*

Tipo de extracción	N°	Condiciones de extracción				TPC*
		Secado	Agitación	Ultrasonidos		
		T(°C)	t (min)	F (Khz)	T (min)	
EAU	T1	50	-	37	20	247.03 ± 7.36 <sup>b</sup>
	T2	50	-	37	30	211.29 ± 6.06 <sup>de</sup>
	T3	50	-	80	20	265.37 ± 10.08 <sup>a</sup>
	T4	50	-	80	30	244.75 ± 6.15 <sup>bc</sup>
	T5	60	-	37	20	201.51 ± 5.05 <sup>ef</sup>
	T6	60	-	37	30	228.55 ± 2.90 <sup>cd</sup>
	T7	60	-	80	20	164.16 ± 4.06 <sup>h</sup>
	T8	60	-	80	30	190.27 ± 5.85 <sup>fg</sup>
	T9	70	-	37	20	99.32 ± 3.68 <sup>k</sup>
	T10	70	-	37	30	90.08 ± 3.48 <sup>kl</sup>
	T11	70	-	80	20	33.86 ± 4.34 <sup>m</sup>
	T12	70	-	80	30	78.84 ± 9.04 <sup>l</sup>
ECA	C1	50	20	-	-	211.69 ± 3.68 <sup>de</sup>
	C2	50	30	-	-	236.18 ± 6.06 <sup>bc</sup>
	C3	60	20	-	-	173.94 ± 5.62 <sup>gh</sup>
	C4	60	30	-	-	171.66 ± 6.75 <sup>h</sup>
	C5	70	20	-	-	145.10 ± 4.23 <sup>i</sup>
	C6	70	30	-	-	121.41 ± 3.87 <sup>j</sup>

ANOVA	P-value
TS: Temperatura de secado (°C)	0.000
FUS: Frecuencia de US (kHz)	0.000
TUS: Tiempo de US (min)	0.013
TS x FUS	0.000
TS x TUS	0.000
FUS x TUS	0.000
TS x FUS x TUS	0.000

\*Diferentes superíndices (a-m) 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.

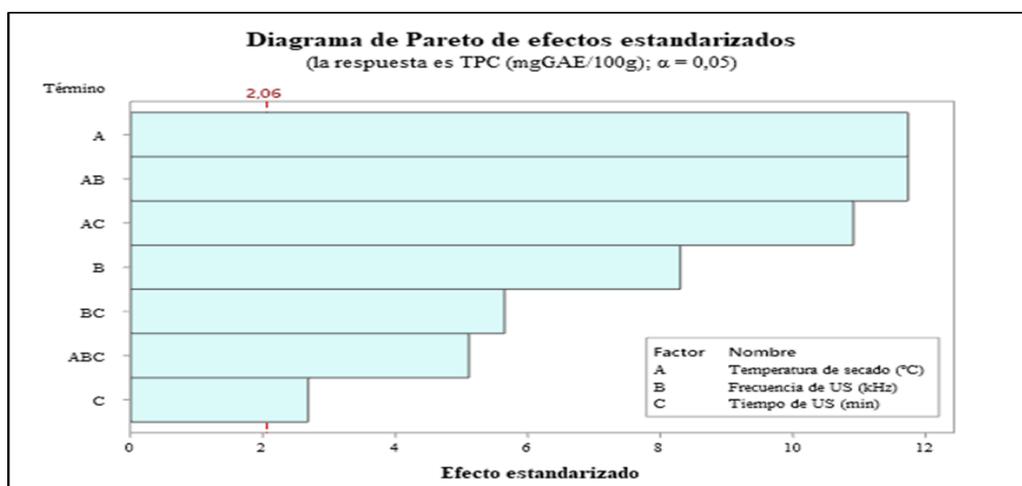
La figura 1 que tanto los factores como las combinaciones de los mismos superan el valor crítico, evidenciando su significancia, mientras que la figura 2 se observa el efecto que los factores: Frecuencia de ultrasonidos (FUS) y Tiempo de exposición al ultrasonido (TUS) ejercen sobre el TPC. FUS, propicia un mayor impacto que TUS, no obstante, el grado de influencia incrementa al interactuar con la temperatura de secado (TS); por último, la figura 3 muestra la interacción de los factores, demostrando la significación resultante del análisis de la varianza.

La temperatura de secado junto con la interacción entre Temperatura de secado x Frecuencia de US, ejercen la mayor influencia sobre el TPC extraído de Cladodios de nopal. El tiempo de exposición al tratamiento ultrasónico, por sí mismo ejerce el menor efecto, pero significativo

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.

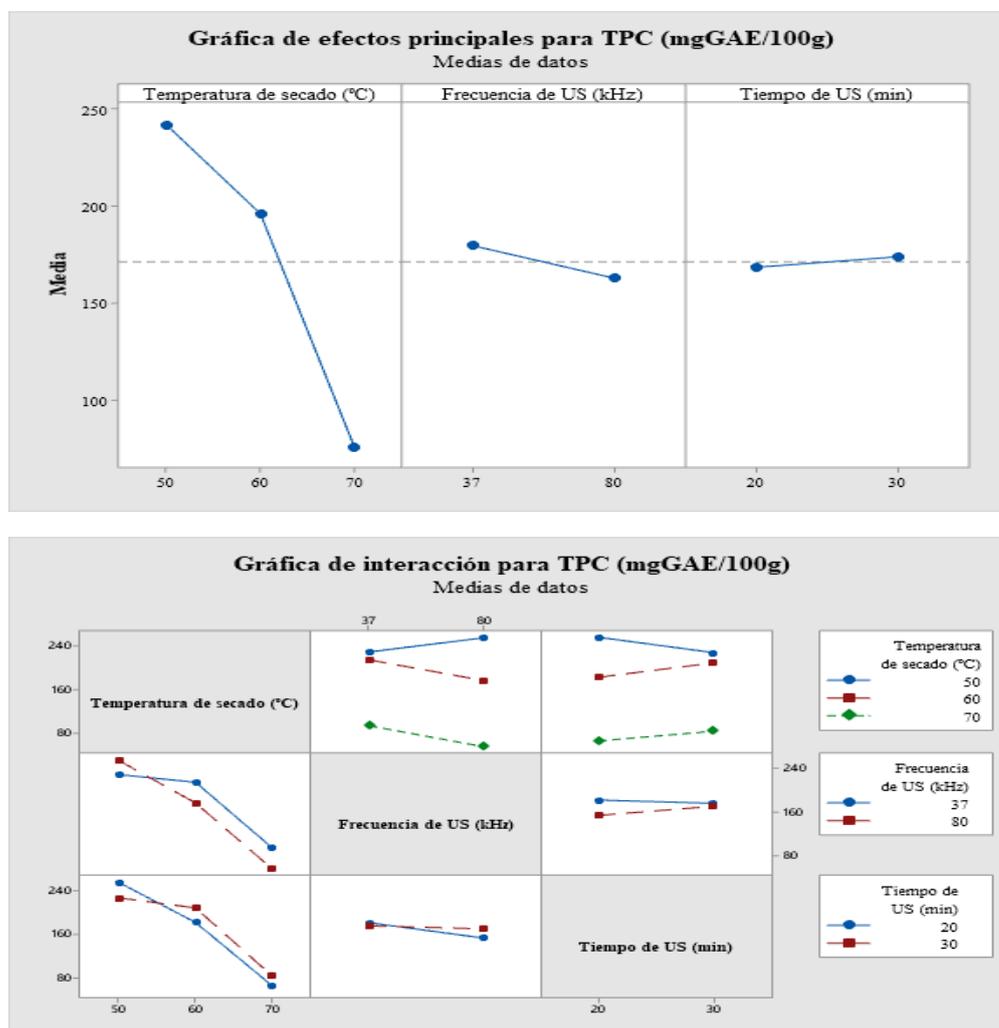
### Figura 6.

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



## Figura 2

Efecto de los factores (a) y su interacción (b).



## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de la TS sobre el TPC

El análisis del efecto de la TS sobre el TPC revela hallazgos significativos en cuanto a la optimización de procesos de extracción y preservación de compuestos bioactivos. Los resultados obtenidos mediante la EAU y EAC demuestran una variabilidad considerable en el TPC, oscilando entre 33.86 y 265.37 mg GAE/100g para EAU, y entre 121.41 y 236.18 mg GAE/100g para CSE. Esta disparidad subraya la superioridad de la EAU en la recuperación de compuestos fenólicos, probablemente debido a sus mecanismos de cavitación que facilitan la liberación de estos compuestos de las matrices vegetales.

La comparación entre tratamientos revela patrones interesantes: la ausencia de diferencias significativas entre C1 y T2, así como entre T4 y C2, sugiere que ciertos parámetros de CSE pueden lograr eficiencias similares a EAU en condiciones específicas. Sin embargo, los tratamientos T1 ( $247.03 \pm 7.36$  mg GAE/100g) y T3 ( $265.37 \pm 10.08$  mg GAE/100g) destacan por su rendimiento superior, superando incluso el rango de 100 a 230 mg GAE/100g reportado por Martínez-Soto et al. (2016). Estos resultados excepcionales,

obtenidos a 50°C de TS con tiempos de tratamiento de ultrasonido reducidos, indican una sinergia óptima entre temperatura y método de extracción.

El análisis estadístico corrobora la importancia crítica de la TS, con un P-valor de 0.000 (<0.050), estableciendo su influencia significativa sobre el TPC extraído. La relación inversa observada entre TS y TPC, evidenciada por una degradación del 69% a 70°C comparado con 50°C, concuerda con los hallazgos de De Santiago et al. (2018). Este fenómeno se atribuye a múltiples factores: la ruptura de estructuras celulares que facilita la lixiviación de TPC, la migración de componentes que resulta en pérdidas por filtración, y la descomposición por reacciones químicas influenciadas por enzimas, luz y oxígeno (Youssef y Mokhtar, 2014). Además, la formación de o-quinonas y o-semi-quinonas a partir de estructuras fenólicas degradadas (Ettalibi et al., 2020) y la escisión de fracciones unidas a glicósidos y ésteres de ácidos fenólicos (Yap et al., 2022) contribuyen a la reducción del TPC a temperaturas elevadas.

La identificación de 50°C como temperatura óptima para la retención de compuestos bioactivos en el polvo de hojas de guayaba (Nguyen et al., 2022) y la observación de valores similares de compuestos fenólicos y flavonoides en hojas de verdolaga secadas a esta temperatura mediante liofilización y aire caliente (Youssef y Mokhtar, 2014) respaldan la eficacia de este parámetro. Este fenómeno podría explicarse por la polimerización de flavonoides que conduce al aumento de taninos condensados, así como por la dinámica de los compuestos fenólicos que alcanzan un pico máximo seguido de una disminución constante en función de la temperatura (Christiani et al., 2021).

#### **4.2. Efecto de las condiciones de la EAU: Frecuencia y tiempo de exposición al tratamiento por ultrasonidos.**

El análisis de los factores que influyen en la EAU de TPC revela una compleja interacción entre la FUS, el tiempo de exposición al ultrasonido TUS y la TS.

La Figura 2 ilustra claramente que la FUS ejerce un impacto más significativo que el TUS sobre el TPC extraído. Sin embargo, es crucial notar que esta influencia se ve potenciada al interactuar con la TS, lo que subraya la importancia de considerar estos factores de manera integrada. La Figura 5(a) muestra una tendencia general donde una menor frecuencia de US contribuye a una mayor recuperación de TPC. En contraste, para el TUS, se requiere un tiempo de tratamiento más prolongado para lograr un efecto comparable. No obstante, esta relación no es uniforme y varía significativamente en función de la TS. La Figura 5(b) revela un fenómeno intrigante: a 50°C, el patrón de interacción con las demás variables es opuesto al observado a 60°C y 70°C. Esta inversión del comportamiento a diferentes temperaturas de secado enfatiza la complejidad de las interacciones entre estos parámetros y la necesidad de un enfoque holístico en la optimización del proceso.

Según la Tabla 1, las condiciones óptimas para la extracción se establecieron en 20 minutos de tratamiento ultrasónico a una frecuencia de 80 kHz y una temperatura de secado de 50°C. Estos parámetros corroboran la eficacia de la aplicación de ultrasonidos en la reducción del tiempo necesario para una extracción eficiente. Los resultados demuestran que los tiempos de proceso cortos son altamente efectivos para la recuperación de TPC. Específicamente, la extracción asistida por US logró recuperar  $265.37 \pm 10.08$  mg GAE/100g de TPC, superando significativamente al proceso de extracción convencional que recuperó  $236.18 \pm 6.06$  mg GAE/100g en 30 minutos de extracción.

Mahdeb et al. (2021) proporcionan un marco teórico valioso para comprender estos resultados, describiendo el proceso de extracción de TPC asistido por US en dos etapas distintas. La primera, denominada "etapa de lavado", ocurre en los primeros 10-20 minutos y puede recuperar hasta el 90% del TPC. En esta fase, los compuestos solubles se disuelven en la superficie de la matriz. Posteriormente, se inicia la "etapa de extracción lenta",

caracterizada por la transferencia de masa por difusión, que puede extenderse de 60 a 100 minutos. Sin embargo, es crucial notar que tiempos de sonicación prolongados pueden degradar los TPC, reduciendo el rendimiento de la extracción. Este fenómeno se observó en su estudio sobre la extracción asistida por US (42 kHz) de TPC de polvo de cladodio, donde los valores máximos de TPC se alcanzaron a los 30 y 60 minutos, mientras que, a los 70 y 80 minutos, el rendimiento comenzó a disminuir.

La eficacia de los tiempos de tratamiento cortos se ve respaldada por varios estudios. Vázquez et al. (2021) reportaron una mayor recuperación de TPC en cladodios de nopal tratados con US (20 kHz, 10 min) en comparación con muestras sin tratar. Upadhyay et al. (2015) investigaron el efecto del tiempo de sonicación (5, 10 y 15 min) en la recuperación de TPC en hojas de *Ocimum tenuiflorum*, encontrando que 10 minutos permitían un mejor rendimiento de extracción. Tiempos más prolongados resultaron en una disminución del TPC, atribuida a la saturación del solvente y la consecuente reducción del gradiente de concentración de compuestos. Además, tiempos de sonicación superiores pueden ocasionar el calentamiento del solvente y la degradación de los compuestos bioactivos.

Otros investigadores han corroborado estos hallazgos. Arruda et al. (2019) lograron recuperar un alto contenido de fenoles de la cáscara de *Araticum* con solo 5 minutos de US. Similarmente, Irakli et al. (2018) obtuvieron los mayores rendimientos de compuestos fenólicos utilizando tiempos de proceso cortos (10 a 60 min, 50% de acetona).

En cuanto a la frecuencia de US, nuestro estudio evidenció que 80 kHz permitió una mayor extracción de TPC en el tiempo mínimo. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Machado et al. (2019), quienes demostraron que diferentes frecuencias (37 y 80 kHz) actúan de forma distinta en función de la temperatura y las condiciones de operación para la extracción de TPC de cáscara de granada. A 80 kHz, se facilitó la recuperación de grupos específicos de compuestos fenólicos no obtenidos a 37 kHz, lo que indica que la frecuencia afecta de manera diferencial las clases de fenoles presentes en una misma muestra.

Sin embargo, es importante señalar que la literatura científica presenta resultados variados en cuanto a la frecuencia óptima. Benavides-Guerrero et al. (2020) encontraron que, al aumentar la frecuencia de 37 a 80 kHz, la extracción de compuestos fenólicos disminuyó significativamente. De manera similar, Altemimi et al. (2016) observaron mayores rendimientos de extracción de TPC en extractos de espinaca a 37 kHz en comparación con 80 kHz. Estos resultados se alinean con la teoría de que frecuencias más altas producen una mayor cantidad de radicales libres, lo que podría ocasionar la reducción de la cantidad de TPC extraídos (Ramón y Gil-Garzón, 2021).

## 5.CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que la temperatura de secado es el factor más influyente en la extracción de compuestos fenólicos, observándose una relación inversa entre la temperatura y el TPC. Se encontró que, al aumentar la temperatura de 50°C a 70°C, se produce una disminución significativa en el contenido fenólico, lo que subraya la importancia de optimizar este parámetro para preservar los compuestos bioactivos. La EAU se reveló como un método más eficiente que la EAC, logrando una mayor recuperación de compuestos fenólicos. Las condiciones óptimas de extracción se obtuvieron a 50°C de temperatura de secado, 80 kHz de frecuencia ultrasónica y 20 minutos de tratamiento EAU, alcanzando un contenido fenólico total de  $265.37 \pm 10.08$  mg GAE/100g. Un hallazgo destacable es que los tiempos cortos de tratamiento ultrasónico resultaron más efectivos para la extracción de compuestos fenólicos, lo cual tiene implicaciones significativas para la industria en términos de reducción de tiempos de procesamiento y potencial disminución de costos energéticos. Además, se observó que el efecto de la frecuencia y el tiempo de tratamiento ultrasónico varía en función de la temperatura de secado, lo que indica una interacción compleja entre

estos parámetros y resalta la necesidad de considerarlos de manera integral en el diseño de procesos de extracción.

Los beneficios potenciales de estos hallazgos incluyen la mejora en la calidad nutricional de productos derivados del nopal, la reducción de costos y tiempos de procesamiento en la industria, y el desarrollo de nuevos productos alimenticios y nutraceuticos con alto contenido de compuestos bioactivos.

Para futuras investigaciones, se sugiere explorar el impacto de estos procesos de extracción en otros compuestos bioactivos presentes en los cladodios de nopal, investigar la estabilidad de los compuestos fenólicos extraídos durante el almacenamiento y procesamiento posterior, evaluar la aplicabilidad de estas técnicas de extracción a escala industrial y su viabilidad económica, y estudiar los efectos de estos extractos ricos en compuestos fenólicos en sistemas alimentarios y modelos biológicos para validar sus propiedades funcionales y nutraceuticas.

## **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**

**AMI-C y BYPJ-C:** Redacción: Borrador original, Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Investigación; **NMA-T y LAR-F:** Redacción: borrador original, Redacción: revisión y edición, Metodología, Investigación, Curación de datos, Análisis formal; **HDM-M y JMN-J:** Redacción: Borrador original, Redacción: revisión y edición, Análisis formal, Visualización; **HPC-S y LAE-E:** Redacción: revisión y edición, Supervisión, Validación, Análisis formal, Curación de datos, Visualización; **JV-M:** Redacción: Borrador original, Redacción: revisión y edición, Conceptualización, Investigación, Análisis formal, Curación de datos, Supervisión.

## **8. FINANCIAMIENTO**

Esta investigación no recibió apoyo financiero.

## **9. 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

## **10. ABREVIATURAS**

EAU: Extracción Asistida por Ultrasonidos  
EAC: Extracción por Agitación Convencional  
CPT: Compuestos Fenólicos Totales  
FUS: Frecuencia de Ultrasonidos  
TUS: Tiempo de exposición al ultrasonido  
TS: Temperatura de Secado  
GAE: Equivalente de Ácido Gálico

## **11. 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.

## 12. REFERENCIAS

- Albero, B., Tadeo, J. L., y Pérez, R. A. (2019). Ultrasound-assisted extraction of organic contaminants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *118*, 739-750. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.07.007>
- Altemimi, A., Choudhary, R., Watson, D. G., y Lightfoot, D. A. (2015). Effects of ultrasonic treatments on the polyphenol and antioxidant content of spinach extracts. *Ultrasonics Sonochemistry*, *24*, 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.10.023>
- Altemimi, A., Watson, D. G., Choudhary, R., Dasari, M. R., y Lightfoot, D. A. (2016). Ultrasound Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Peaches and Pumpkins. *PLOS ONE*, *11*(2), e0148758. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148758>
- Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., y Faggio, C. (2018). *Opuntia ficus—Indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural Product Research*, *32*(17), 2037-2049. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1365073>
- Arruda, H. S., Silva, E. K., Pereira, G. A., Angolini, C. F. F., Eberlin, M. N., Meireles, M. A. A., y Pastore, G. M. (2019). Effects of high-intensity ultrasound process parameters on the phenolic compounds recovery from araticum peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, *50*, 82-95. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.09.002>
- Barba, F. J., Garcia, C., Fessard, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Aboudia, A., Oquadia, A., y Remize, F. (2022). *Opuntia Ficus Indica* Edible Parts: A Food and Nutritional Security Perspective. *Food Reviews International*, *38*(5), 930-952. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1756844>
- Benavides-Guerrero, R., Revelo-Cuarán, Y. A., Arango-Bedoya, O., y Osorio-Mora, O. (2020). Extracción asistida con ultrasonido de compuestos fenólicos de dos variedades de papas (*Solanum phureja*) nativas andinas y evaluación de su actividad antioxidante. *Información Tecnológica*, *31*(5), 43-50. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000500043>
- Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., y Sharanagat, V. S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, *70*, 105293. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
- Castillo-Zapata, K. C., Reyes-Díaz, J. D., Cornelio-Santiago, H. P., Espinoza-Espinoza, L. A., Valdiviezo-Marcelo, J., y Ruiz-Flores, L. A. (2024). Efecto del secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja (*Hylocereus guatemalensis*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, *11*(2), 97-106. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2024v11n2.009>
- Christiani, E. A., Kencana Putra, I. N., y Suparhana, I. P. (2021). Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Sifat Kimia dan Sensori Teh Celup Herbal Daun Putri Malu (*Mimosa pudica* Linn.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, *10*(4), 589. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i04.p05>
- Cornelio-Santiago, H. P., Mazalli, M. R., Rodrigues, C. E. C., y De Oliveira, A. L. (2019). Extraction of Brazil nut kernel oil using green solvents: Effects of the

- process variables in the oil yield and composition. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7), e13271. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13271>
- De Santiago, E., Domínguez-Fernández, M., Cid, C., y De Peña, M.-P. (2018). Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 240, 1055-1062. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.039>
- Ettalibi, F., Elmahdaoui, H., Amzil, J., Gadhi, C., y Harrak, H. (2020). Drying impact on physicochemical and biochemical criteria of prickly pear fruit peels of three varieties of *Opuntia* spp. *Materials Today: Proceedings*, 27, 3243-3248. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.726>
- Fu, X., Belwal, T., Cravotto, G., y Luo, Z. (2020). Sono-physical and sono-chemical effects of ultrasound: Primary applications in extraction and freezing operations and influence on food components. *Ultrasonics Sonochemistry*, 60, 104726. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104726>
- Giacometti, J., Žauhar, G., y Žuvić, M. (2018). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Major Phenolic Compounds from Olive Leaves (*Olea europaea* L.) Using Response Surface Methodology. *Foods*, 7(9), 149. <https://doi.org/10.3390/foods7090149>
- Irakli, M., Chatzopoulou, P., y Ekateriniadou, L. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds: Oleuropein, phenolic acids, phenolic alcohols and flavonoids from olive leaves and evaluation of its antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 124, 382-388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.070>
- Kudanga, T., y Aruwa, C. E. (2021). Industrial Applications of *Opuntia* spp. (Nopal, Fruit and Peel). En M. F. Ramadan, T. E. M. Ayoub, y S. Rohn (Eds.), *Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications* (pp. 841-875). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7_42)
- Machado, A. P. D. F., Sumere, B. R., Mekar, C., Martinez, J., Bezerra, R. M. N., y Rostagno, M. A. (2019). Extraction of polyphenols and antioxidants from pomegranate peel using ultrasound: Influence of temperature, frequency and operation mode. *International Journal of Food Science y Technology*, 54(9), 2792-2801. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14194>
- Mahdeb, A., Adjeroud-Abdellatif, N., Mazari, A., Portillo, L., Ait Abdelouhab, K., Ait Maamer, D., y Madani, K. (2021). Identification of some *Opuntia* spp. From two Algerian regions and ultrasound-assisted extraction of their phenolic compounds. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 23, 94-120. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v23i.320>
- Martínez-Soto, G., Celis-Fabián, F., Hernández-Pérez, T., y Paredes-López, O. (2016). Effect of Drying Methods on the Nutraceutical Potential of Cactus Cladodes (*Opuntia* spp.). *International Journal of Food and Nutritional Science*, 2(6), 1-6. <https://doi.org/10.15436/2377-0619.15.023>
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., y Pacheco, N. (2017). Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of

- Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomy*, 7(3), 47. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030047>
- Nguyen, Q.-V., Huyen, B., Thi, B., Tran, M.-Đ., Nguyen, M.-T., Doan, M.-D., Nguyen, A.-D., Minh Le, T., Tran, V.-C., y Pham, T.-N. (2022). Impact of Different Drying Temperatures on *In Vitro* Antioxidant and Antidiabetic Activities and Phenolic Compounds of Wild Guava Leaves Collected in the Central Highland of Vietnam. *Natural Product Communications*, 17(4), 1934578X2210953. <https://doi.org/10.1177/1934578X221095349>
- Ramón, C., y Gil-Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: Una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Upadhyay, R., Nachiappan, G., y Mishra, H. N. (2015). Ultrasound-assisted extraction of flavonoids and phenolic compounds from *Ocimum tenuiflorum* leaves. *Food Science and Biotechnology*, 24(6), 1951-1958. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0257-y>
- Vázquez, A., Hernández-Hernández, M., Quiñones-Muñoz, H., y Moreno-Vilet, L. (2021). Effect of ultrasound treatment on physicochemical parameters and drying time in nopal cladodes *Opuntia* spp. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 9, 51-62.
- Yap, E. S. P., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N., y Jitareerat, P. (2022). Influence of hot air drying on capsaicinoids, phenolics, flavonoids and antioxidant activities of ‘Super Hot’ chilies. *PeerJ*, 10, e13423. <https://doi.org/10.7717/peerj.13423>
- Youssef, K. M., y Mokhtar, S. M. (2014). Effect of Drying Methods on the Antioxidant Capacity, Color and Phytochemicals of *Portulaca oleracea* L. Leaves. *Journal of Nutrition y Food Sciences*, 04(06). <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000322>

### 13. DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos originales generados en este estudio están disponibles en un repositorio de acceso público. Se pueden consultar en: [<https://repositorio.unf.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4ac72cc1-251e-4c11-aa57-74733f55d62d/content>].



## Remoción de metales pesados de los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Tatora” Ayacucho, utilizando la alfalfa (*Medicago sativa*).

Removal of heavy metals from biosolids of the “La Tatora” wastewater treatment plant in Ayacucho, using alfalfa (*Medicago sativa*).

 [Huallpa-Vargas, Herlis Sergio<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

**Recibido:** 17 Sep. 2024 | **Aceptado:** 18 Sep. 2024 | **Publicado:** 07 Ene. 2025

**Autor de correspondencia\*:** [herlissergio1993@gmail.com](mailto:herlissergio1993@gmail.com)

**Cómo citar este artículo:** Huallpa-Vargas, H.S. (2024). Remoción de metales pesados de los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Tatora” Ayacucho, utilizando la alfalfa (*Medicago sativa*). *Revista Científica Aypate*, 3(4), 62–80. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.122>.

### RESUMEN

La investigación desarrollada permitió evaluar el grado de remoción utilizando alfalfa (*Medicago sativa*) en la remoción de metales pesados de los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales “la Tatora”. Se empleó un diseño metodológico aplicativo con enfoque explicativo y diseño experimental completamente randomizado. Se determinó la concentración inicial de metales pesados en los biosólidos por la técnica de (ICP-OES), siendo para el cromo 320,7 mg/kg, para cadmio 7,3 mg/kg y plomo de 37,7 mg/kg. Se sembró alfalfa con tres densidades diferentes empezando con la variedad "Master10", "Moapa" y "California". Así mismo, para el material de remoción se determinó el contenido de metales pesados siendo para el cromo de 257,7 mg/kg, cadmio 7,0 mg/kg y plomo 27,3 mg/kg y una vez culminada la remoción con la alfalfa, se logra reducir los niveles de contaminación especialmente con la variedad "California" a 25 kg/ha, removiendo cromo en un (43 %), cadmio (76 %) y plomo (71 %), estos dos últimos quedando por debajo de los límites máximos permisibles para uso agrícola. Se concluye que la alfalfa (*Medicago sativa*) sembrados en sistemas formuladas con biosólidos, permite remover metales pesados en tanto en la raíz como en el tallo y que puede ser aplicado en la planta de tratamiento de aguas residuales “la Tatora”.

**Palabras Clave:** Metales pesados, remoción, alfalfa y biosólidos.

### ABSTRACT

The research developed allowed to evaluate the degree of removal using alfalfa (*Medicago sativa*) in the removal of heavy metals from biosolids of the wastewater treatment plant "La Tatora". An applicative methodological design with an explanatory approach and a completely randomized experimental design was used. The initial concentration of heavy metals in biosolids was determined by the (ICP-OES) technique, being 320.7 mg/kg for chromium, 7.3 mg/kg for cadmium and 37.7 mg/kg for lead. Alfalfa was planted at three different densities starting with the "Master10", "Moapa" and "California" varieties. Likewise, for the removal material, the heavy metal content was determined, being 257.7

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.



mg/kg for chromium, 7.0 mg/kg for cadmium and 27.3 mg/kg for lead. Once the removal with alfalfa was completed, the contamination levels were reduced, especially with the "California" variety at 25 kg/ha, removing chromium (43%), cadmium (76%) and lead (71%), the latter two remaining below the maximum permissible limits for agricultural use. It is concluded that alfalfa (*Medicago sativa*) planted in systems formulated with biosolids, allows the removal of heavy metals in both the root and the stem and that it can be applied in the wastewater treatment plant "La Totorá".

**Keywords:** Heavy metals, removal, alfalfa and biosolids.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la generación de biosólidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales a nivel mundial. El enfoque adecuado para el tratamiento y manejo de estos residuos ha surgido como un tema de alto interés en todos los países. Es destacable que metales pesados como el Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Cromo (Cr), Cobre (Cu) y Níquel (Ni) se han encontrado con frecuencia considerable en los biosólidos residuales.

Dentro de este contexto, la utilización de biosólidos residuales para enriquecer suelos agrícolas empobrecidos en nutrientes o degradados debido a la actividad humana se ha presentado como una solución pragmática y expedita para abordar la escasez de recursos esenciales. Esta estrategia, propuesta por (Hernández, et al., 2017), parece ofrecer una alternativa viable.

En la actualidad, en la planta de tratamiento de aguas residuales "la Totorá", la eliminación o recuperación de metales pesados de los biosólidos orgánicos no está siendo abordada ni evaluada de manera adecuada, principalmente debido a la asignación insuficiente de recursos financieros. Es importante destacar que la sostenibilidad de los biosólidos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, constituye aproximadamente el 60 % de los costos operativos totales del proceso de operación. (Aramburu & Trejo, 2021).

Gran cantidad de biosólidos se destina al campo de secado final de los biosólidos y esta son vendidas a los agricultores de las diferentes zonas para ser usado como abono en los cultivos, pero sin embargo estos biosólidos contienen metales pesados como cromo: cadmio, plomo y entre otros. Los agricultores por desconocimiento lo usan en dichos cultivos, por tanto, es necesario conocer las concentraciones de dichos metales en los biosólidos.

Uno de las técnicas o métodos para remover metales pesados es usando la planta nativa alfalfa (*Medicago sativa*), quien absorbe y acumula en sus raíces al metal pesado. La ventaja de usar alfalfa (*Medicago sativa*) es su fácil adquisición en la región y su bajo costo. (Giraldez, 2019).

Existen diferentes plantas que absorben metales pesados como: maíz, perejil y girasol que son consideradas como plantas exclusoras o estabilizadoras de metales pesados. (Munive, 2018).

El objetivo del trabajo de investigación es sobre la aplicación de la planta alfalfa (*Medicago sativa*) como material absorbente de metales pesados de los biosólidos residuales producidas en la planta de tratamiento de aguas residuales "la Totorá". En tal sentido, para ello se han instalado diferentes macetas experimentales con siembra de alfalfa (*Medicago sativa*), con diferentes variedades de planta y densidades de siembra; para evaluar la remoción de los

metales pesados, y de esta manera encontrar la variedad y densidad adecuado para la remoción.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Diseño de investigación

El diseño de este experimento fue completamente randomizado o al azar (DCR), para ello se ha utilizado tres macetas M1, M2 y M3 de la misma variedad de planta, pero de densidades diferentes de siembra y 2 macetas de variedades diferentes a una misma densidad. El área, la variedad y las densidades de siembra se muestran en la tabla 1. Se usaron semillas de la variedad master10, donde estas fueron instaladas respetando y cumpliendo el protocolo de las buenas prácticas agrícolas y se ha evaluado la fitoextracción con la ayuda de alfalfa a los metales pesados de diferentes densidades de la biomasa tanto menor, medio y mayor con dicha planta fitoextractora. Previamente se ha realizado tomas de muestras de los biosólidos antes y después de la cosecha, para su análisis químico instrumental por ICP-OES. El tiempo para la cosecha de alfalfa (*Medicago sativa*), se ha llevado a cabo al sexto mes después del sembrado, finalmente se procedió a la deshidratación de las muestras para su correspondiente análisis.

**Tabla 1.**

*Características de las macetas experimentales*

	Macetas A			Macetas B	
	M1	M2	M3	M4	M5
<b>Área</b>	0,0269 m <sup>2</sup>				
<b>Densidad</b>	20 kg/ha	25 kg/ha	30 kg/ha	25 kg/ha	25 kg/ha
<b>Variedad</b>	Master 10	Master 10	Master 10	California	Moapa

En la figura 1 se visualiza la semilla de las distintas variedades de alfalfa.

**Figura 1.**

*Variedades de alfalfa usada en la investigación*



En la figura 2 se aprecia la variedad de alfalfa, master10 sembrada a diferentes densidades.

**Figura 2.**

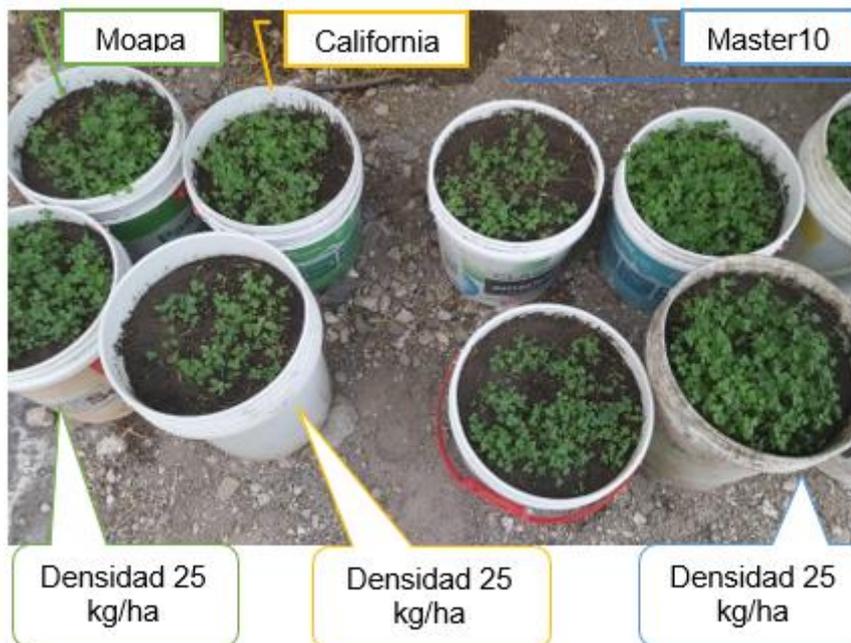
*Variedad de alfalfa master10 sembrada a diferentes densidades*



En la figura 3 se visualiza las variedades de alfalfa sembrada a una sola densidad

**Figura 3.**

*Variedades de alfalfa sembrada a una sola densidad*



## 2.2. Muestreo

El tipo de muestreo fue aleatorio simple, la toma de muestras se realizó de la mezcla (biosólido más tierra) del macetero y de las plantas (raíces y parte aérea), procedentes de las 3 macetas experimentales de las diferentes densidades consideradas (M1, M2, M3) y de mismo modo de las últimas macetas que están sembradas a la misma densidad con diferentes variedades (M4 y M5), se señaló los puntos tomadas para la muestra de la mezcla (biosólido más tierra) y del mismo punto se recolectó dichas plantas de las (M1, M2, M3, M4 y M5) de la PTAR La Totora en la región de Ayacucho.

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue la observación, monitoreo en campo, análisis de contenidos, revisión bibliográfica.

A través de la observación se identificaron la disposición final de los biosólidos de la PTAR La Totora, mientras el monitoreo en campo se realizó desde la siembra de alfalfa en los biosólidos acondicionados con tierra, hasta el tiempo de cosecha. El contenido de los metales pesado se realizó en los biosólidos residuales antes de la siembra de alfalfa y después de ello. Así mismo, se cuantificó en la raíz y parte aérea de la alfalfa.

## 2.4. Descripción de la siembra de alfalfa

Se instalaron tres macetas (M1, M2 y M3) para cultivar una sola variedad de alfalfa (*Medicago sativa*), denominada Master10. Las macetas se distribuyeron en áreas iguales, como se muestra en la Tabla 1, pero con diferentes densidades de siembra. En la maceta M1, las semillas se sembraron a una densidad de 20 kg/ha; en la maceta M2, a una densidad de 25 kg/ha; y en la maceta M3, a una densidad de 30 kg/ha. Según el manual de siembra de alfalfa, la densidad recomendada oscila entre 15 y 25 kg/ha, dependiendo del método utilizado, ya sea mediante sembradoras o manualmente con la técnica de voleo. (Cáritas Puno, 2013).

La técnica de siembra se consideró el boleado mas no el surcado, debido a que en la técnica de boleado se puede distribuir el espacio o distancia de semilla a semilla y también con fines de acumular mayor concentración de metales pesados en sus raíces de alfalfa.

## 2.5. Obtención de muestras

Las muestras seleccionadas para el respectivo muestreo de los biosólidos y de la planta alfalfa tanto de la raíz y parte aérea se han realizado de las macetas experimentales a una profundidad de 0 - 35 cm. Se recolectó 1 kg de muestra del biosólido, 1 kg de biosólido acondicionado con tierra antes de la siembra de alfalfa y después de la cosecha de alfalfa se recolectó 1 kg de muestra del biosólido acondicionado con tierra de cada maceta a densidades de 20, 25 y 30 kg/ha, con una sola variedad de master10 y 1 kg de muestra de las macetas de diferentes variedades e igual densidad de 25 kg/ha, de la primera maceta de variedad moapa y de la segunda maceta llamada california, dicho muestreo se realizó aleatoriamente del mismo lugar donde fueron sembradas la alfalfa. Asimismo, se recolectaron 20 plantas de cada maceta. Con mayor detalle se puede apreciar en la tabla 2.

**Tabla 2**  
*Toma de muestras de biosólidos, biosólidos más tierra y plan*

Tipo de muestras	MUESTRAS								TOTAL
	biosólido	biosólido + tierra	M1 25 MOAPA	M2 25 MASTE R10	M3 25 CALIFO RNIA	M4 20 MASTE R10	M5 30 MASTE R10	BLANCO	
(Biosólido + tierra)									
Análisis de metales pesados antes y después de la fitorremediación Alfalfa (Raíz)	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	8 muestras
Análisis de metales pesados después de la fitorremediación			1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	6 muestras
Alfalfa Parte aérea (hojas y tallos)			1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	1 muestra	6 muestras
								<b>TOTAL</b>	<b>20</b>
									muestras

**2.5.1. Toma de muestras de los biosólidos y de la mezcla (biosólido más tierra)**

Para poder realizar el respectivo análisis de los metales pesados contenidos en los biosólidos y (biosólidos acondicionado con tierra), se tomaron muestras antes del cultivo y después de la cosecha, pero estas antes fueron secadas al irterperie hasta eliminar toda la humedad presente en los biosólidos, luego se ha tomado 1 kg de muestra y se colocaron en bolsas de polipropileno y en bolsas de papel, estas fueron bien selladas y rotuladas como se puede apreciar en la figura

**Figura 4.**  
*Muestras rotuladas para el análisis en el laboratorio*



### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Resultados del contenido de metales pesados

Los resultados del contenido por ICP- OES de los metales pesados tanto en biosólidos, biosólidos acondicionado con tierra y en las plantas de alfalfa (*Medicago sativa*), se ha considerado los valores significativos debido a la mayor concentración acumulativa que podrían presentarse como se puede ver en la tabla 3.

##### 3.1.1. Respecto al contenido de los metales pesados en los biosólidos

La investigación inicia con la determinación de la concentración de los metales pesados existentes en los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales “la Totorá”, con fines de poder tener información de los contenidos de éstas y que podrían estar por encima de los límites máximos permisibles y con el propósito de dar una solución con la fitorremediación, usando la planta de alfalfa (*Medicago sativa*), en la tabla 3 podemos ver los resultados de los análisis del contenido de los metales pesados en los biosólidos, se ha considerado a los metales pesados más tóxicos y por ende los que superan los LMP para uso agrícola.

**Tabla 3.**

*Metales pesados de mayor concentración en los biosólidos*

<b>Metales pesados</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>
Cromo	320,7
Cadmio	7,3
Plomo	37,7

En la tabla 3, se puede apreciar el alto contenido de cromo, que supera al resto de los metales pesados con un porcentaje de 88 % en los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales “la Totorá”, seguida por el plomo con un 9 % del total y por último el cadmio con 3 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 3, podemos decir que los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales se considera no apto para uso agrícola, debido al contenido alto de metales pesados, que sería perjudicial para la salud de los seres vivos, estos llegan a superar los límites máximos permisibles estipuladas en el DECRETO SUPREMO N° 020-2021 donde se aprueba el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, para el periodo 2021-2023.

##### 3.1.2. Metales pesados en los biosólidos acondicionados con tierra

En la tabla 4 se visualiza la presencia de metales pesados en biosólidos acondicionados con tierra, antes de la remoción con la alfalfa.

**Tabla 4.**

*Metales pesados en biosólidos más tierra antes de la fitorremediación*

<b>Metales pesados</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>
Cromo	257,7
Cadmio	7,0
Plomo	27,3

En la tabla 4 podemos apreciar que el cromo presenta una elevada concentración de 257,7 mg/kg en los biosólidos más tierra, seguida por el plomo que presenta 27,3 mg/kg y último el cadmio con una concentración de 7 mg/kg, estos valores superan los límites máximos permisibles para uso agrícola estipuladas en el DECRETO SUPREMO N° 020-2021 donde se aprueba el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, para el periodo 2021-2023.

### 3.1.3. Cromo en los biosólidos más tierra después del uso de alfalfa

En la tabla 5 se visualiza la concentración de cromo en las macetas experimentales después del uso de la alfalfa.

**Tabla 5.**

*Cromo en las macetas experimentales después del uso de alfalfa*

	<b>Macetas</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>
<b>1</b>	MACETA 1 - 20 MASTER 10 - M1	199,7
<b>2</b>	MACETA 2 - 25 MASTER 10 - M2	172,7
<b>3</b>	MACETA 3 - 30 MASTER 10 - M3	177,3
<b>4</b>	MACETA 4 - 25 CALIFORNIA - M4	145,7
<b>5</b>	MACETA 5 - 25 MOAPA - M5	160,7

En la tabla 6 se aprecia la presencia de cromo en (%) en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación.

**Tabla 6.**

*Cromo en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación*

	<b>Variedad</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>	<b>% de remoción</b>
<b>1</b>	M.1 - 20 MASTER 10 (RAÍZ)	58,3	23
<b>2</b>	M.2 - 25 MASTER 10 (RAÍZ)	84,7	33
<b>3</b>	M.3 - 30 MASTER 10 (RAÍZ)	79,3	31
<b>4</b>	M.4 - 25 CALIFORNIA (RAÍZ)	112	43
<b>5</b>	M.5 - 25 MOAPA (RAÍZ)	97,7	38

En la tabla 7 se visualiza la presencia de cromo en los tallos y hojas de alfalfa, después de la fitorremediación.

**Tabla 7.**

*Cromo en los tallos y hojas de alfalfa después de la fitorremediación*

	Variedad de la alfalfa	Concentración (mg/kg)
1	M.1 - 20 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1
2	M.2 - 25 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1
3	M.3 - 30 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1
4	M.4 - 25 CALIFORNIA (HOJAS Y TALLO)	<1
5	M.5 - 25 MOAPA (HOJAS Y TALLO)	<1

- **Factor de bioconcentración del cromo**

El factor de bioconcentración del cromo se calculó usando la siguiente ecuación:

$$BCF = \frac{CB}{CWD}$$

Donde:

BCF: Es el grado en donde ocurre la bioconcentración.

CB: Concentración del metal en la planta (mg/kg).

CWD: Concentración del metal en el suelo (mg/kg).

La concentración de cromo antes de la fitorremediación: 257,7 mg/kg.

En la tabla 8 se puede apreciar el factor de bioconcentración del cromo calculada con la ecuación anterior.

**Tabla 8**

*Factor de bioconcentración del cromo*

Variedad de la alfalfa	Concentración (mg/kg)	Factor de bioconcentración
M.1 - 20 MASTER 10 (RAÍZ)	58,3	0,23
M.2 - 25 MASTER 10 (RAÍZ)	84,7	0,33
M.3 - 30 MASTER 10 (RAÍZ)	79,3	0,31
M.4 - 25 CALIFORNIA (RAÍZ)	112	0,43
M.5 - 25 MOAPA (RAÍZ)	97,7	0,38

En la tabla 8 podemos apreciar el resultado de la bioconcentración después de la fitorremediación con la planta alfalfa (*Medicago sativa*), donde (Castro, et al., 2022) nos indica que BCF tiene que ser menor a 1, en tal sentido concluimos que la planta alfalfa (*Medicago sativa*) es una planta acumuladora debido a que el factor de bioconcentración está por debajo de 1.

- **Factor de traslocación del cromo**

El factor de traslocación del cromo se calculó usando la siguiente ecuación:

$$TF = \frac{CB}{CK}$$

Donde:

TF: Es el factor de traslocación.

CB: Concentración del metal en la parte aérea de la planta (mg/kg).

CK: Concentración del metal en la raíz (mg/kg).

En la tabla 9 se muestra los resultados del factor de traslocación del cromo

**Tabla 9**

*Factor de traslocación del cromo*

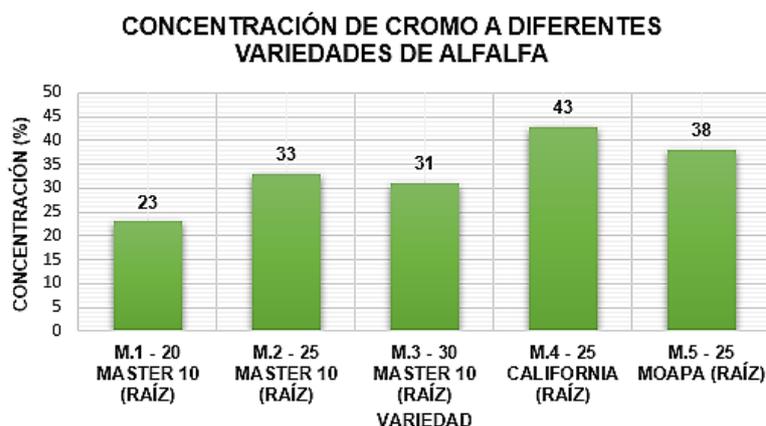
Variedad de la alfalfa	Concentración (mg/kg) en la parte aérea	Factor de traslocación
M.1 - 20 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1	0,017
M.2 - 25 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1	0,012
M.3 - 30 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1	0,013
M.4 - 25 CALIFORNIA (HOJAS Y TALLO)	<1	0,009
M.5 - 25 MOAPA (HOJAS Y TALLO)	<1	0,010

En la tabla 9 podemos apreciar el resultado del factor de traslocación después de la fitorremediación con la planta alfalfa (*Medicago sativa*), la concentración para cada variedad se consideró 1 mg/kg por no tener un dato exacto de dicha concentración, donde (Castro, et al., 2022) nos indica que TF sus valores tiene que estar <1 o entre 1 - 0,1, en tal sentido concluimos que la planta alfalfa (*Medicago sativa*) es una planta exclusora ósea no transporta el cromo de la raíz a la parte aérea de la planta.

En la figura 5 se muestra la presencia de cromo en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación.

**Figura 5.**

*Presencia de Cromo en las macetas después de la fitorremediación*



Los resultados obtenidos en las macetas después de la fitorremediación se pueden apreciar en la figura 5, donde vemos que en la maceta 4 - 25 california - M4 existe mayor remoción del cromo con un 43 % de remoción en comparación del resto de las macetas, mientras el menor remoción lo presenta la variedad de master10 de densidad 20 kg/ha con un porcentaje de remoción de 23 %, entonces se llega a la conclusión que la mejor variedad que absorbió es la california y de mismo modo solo absorbe en las raíces mas no es absorbido a las partes áreas de alfalfa como se puede apreciar con mayor detalle en la tabla 14, también la densidad de siembra de alfalfa que mayor resultados indica es la de 25 kg/ha.

En el trabajo de investigación realizada por Calderón & Zamudio, (2019), reportan los porcentajes de remoción de acuerdo al tratamiento de concentración de cromo en suelos contaminados aledaños al rio Bogotá, estos tratamientos de cromo fueron realizadas con la planta de *Acasia melanoxylon*. Las concentraciones preparadas con cromo para la fitorremediación fueron de 10 mg/kg, 50 mg/kg y 100 mg/kg, los autores reportan los porcentajes de remoción de 27 %, 39 % y 14 % sucesivamente, dando como mayor porcentaje de remoción de 39 % en sus raíces y menos de 1 % en tallos y hojas, como resultado indican que la planta *Acasia melanoxylon* es bioacumulador en sus raíces y no asimila a las partes aéreas de la planta en el tratamiento de suelos contaminados a concentración de 50 mg/kg, mientras a mayor concentración de cromo en el suelo solo presenta un 14 % de remoción, lo cual indica los autores que a mayor concentración dicha planta no completa su desarrollo en suelos con altas concentraciones debido a la fitotoxicidad de la planta. Mientras en el presente trabajo presenta una remoción de 43 % de cromo en las raíces de la alfalfa de variedad california a densidad de cultivo de 25 kg/ha con un tiempo de corte de 6 meses, de igual modo la concentración en los tallos y hojas de alfalfa son menores a 1 mg/kg de cromo como se puede apreciar en la tabla 7, entonces cabe resaltar que la alfalfa (*Medicago sativa*) es fitoestabilizador de cromo en sus raíces. La concentración de cromo de 145,7 mg/kg en los biosólidos más tierra después de la fitorremediación está por encima de los límites máximos permisibles para uso agrícola estipuladas en el DECRETO SUPREMO N° 020-2021, debido a la alta concentración acumulada en los biosólidos no se pudo extraer en su mayoría el contenido de este metal muy tóxico para la salud y es necesario aplicar dicha planta de alfalfa en el mismo biosólido más tierra hasta bajar la concentración por debajo de los límites máximos permisibles.

### 3.1.4. Cadmio en los biosólidos más tierra después de la fitorremediación

En la tabla 10 se visualiza la concentración de cadmio en las macetas experimentales después de la fitorremediación.

**Tabla 10.**

*Cadmio en las macetas experimentales después de la fitorremediación*

Macetas	Concentración (mg/kg)
1 MACETA 1 – 20 MASTER 10 - M1	3,7
2 MACETA 2 – 25 MASTER 10 - M2	2,7
3 MACETA 3 – 30 MASTER 10 - M3	4,0
4 MACETA 4 – 25 CALIFORNIA - M4	1,2
5 MACETA 5 – 25 MOAPA - M5	3,0

En la tabla 11 se aprecia la presencia de cadmio (%) en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación.

**Tabla 11.***Cadmio en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación*

	Variedades	Concentración (mg/kg)	% de remoción
1	M.1 - 20 MASTER 10 (RAÍZ)	3,3	47
2	M.2 - 25 MASTER 10 (RAÍZ)	3,7	53
3	M.3 - 30 MASTER 10 (RAÍZ)	2,3	33
4	M.4 - 25 CALIFORNIA (RAÍZ)	5,3	76
5	M.5 - 25 MOAPA (RAÍZ)	4,0	57

En la tabla 12 se muestra la presencia de cadmio en los tallos y hojas de alfalfa después de la fitorremediación.

**Tabla 12.***Cadmio en los tallos y hojas de alfalfa después de la fitorremediación*

	Macetas	Concentración (mg/kg)
1	M.1 - 20 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1
2	M.2 - 25 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1
3	M.3 - 30 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1
4	M.4 - 25 CALIFORNIA (HOJAS Y TALLO)	<1
5	M.5 - 25 MOAPA (HOJAS Y TALLO)	<1

- **Factor de bioconcentración del cadmio**

En la tabla 13 se visualiza los resultados del factor de bioconcentración del cadmio.

**Tabla 13.***Factor de bioconcentración del cadmio*

Variedades de alfalfa	Concentración (mg/kg)	Factor de bioconcentración
M.1 - 20 MASTER 10 (RAÍZ)	3,3	0,47
M.2 - 25 MASTER 10 (RAÍZ)	3,7	0,30
M.3 - 30 MASTER 10 (RAÍZ)	2,3	0,33
M.4 - 25 CALIFORNIA (RAÍZ)	5,3	0,75
M.5 - 25 MOAPA (RAÍZ)	4,0	0,57

- **Factor de traslocación del cadmio**

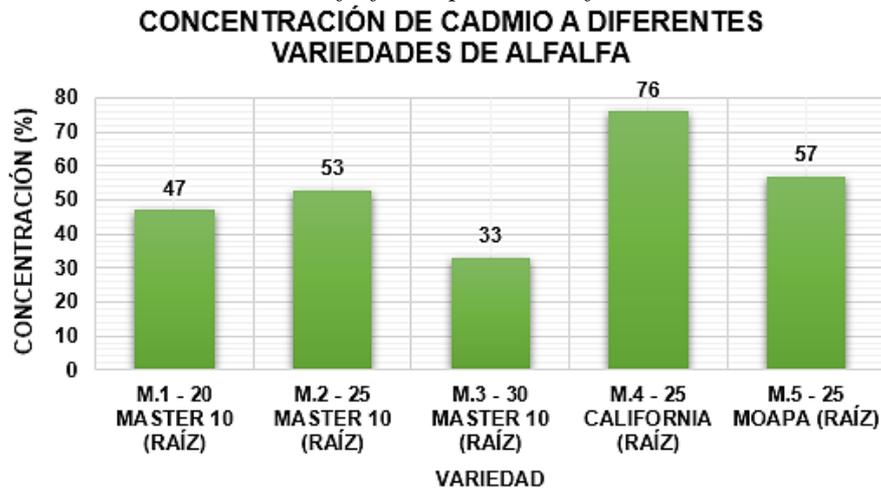
En la tabla 14 se aprecia los resultados de factor de traslocación del cadmio.

**Tabla 14.**  
*Factor de traslocación del cadmio*

Variedad de la alfalfa	Concentración (mg/kg) en la parte aérea	Factor de traslocación
M.1 - 20 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1	0,30
M.2 - 25 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1	0,27
M.3 - 30 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	<1	0,43
M.4 - 25 CALIFORNIA (HOJAS Y TALLO)	<1	0,19
M.5 - 25 MOAPA (HOJAS Y TALLO)	<1	0,25

En la figura 6 se muestra la presencia de cadmio en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación.

**Figura 6.**  
*Cadmio en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación*



En la figura 6 se aprecia que la maceta 4 - 25 california - M4 existe menor cantidad de cadmio lo que indica mayor remoción con porcentaje de 76 % en comparación del resto de las macetas, donde el menor porcentaje de remoción de 33 % lo presenta la variedad master10 de densidad 30 kg/ha, entonces se llega a la conclusión que la mejor variedad que absorbió es la california y de mismo modo solo absorbe en las raíces mas no en las partes aéreas de alfalfa como se puede ver la tabla 14, también la densidad que mayor resultados indica es la de 25 kg/ha.

Giraldez (2019), reporta que la remoción del cadmio en los suelos degradados por fertilización sintética en la E.E.A El Mantaro logró extraer el cadmio con un porcentaje de remoción de 34 % en su parcela 3 con cultivo de alfalfa de variedad Aragón con densidad de cultivo de 35 kg/ha y con un tiempo de corte de 5 meses, de igual modo indica que la bioasimilación desde las raíces a los tallos y hojas de alfalfa fue menor a 1 mg/kg, tal cual nos indica que no traslada el cadmio a los tallos y hojas de la planta.

En el presente investigación se logró remover un 76 % de cadmio superando a Giraldez (2019), la causa es la variedad que mayor efecto genera por el lugar de cultivo es la california, ya que se sabe que la alfalfa en la región de Ayacucho es casi oriunda y también el otro motivo es que se trata de biosólidos ricos en nutrientes y esto ayuda a mejorar su crecimiento y desarrollo de la planta para su mejor rendimiento con respecto a la extracción del cadmio,

también otro factor es el tiempo de corte o cosecha de la alfalfa que se esperó los 6 meses para su cosecha.

### 3.1.5. Plomo en los biosólidos más tierra después de la fitorremediación

En la tabla 15 se visualiza la concentración de plomo en las macetas experimentales después de la fitorremediación.

**Tabla 15.**

*Plomo en las macetas experimentales después de la fitorremediación*

	<b>Macetas</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>
1	MACETA 1 – 20 MASTER 10 - M1	8,3
2	MACETA 2 – 25 MASTER 10 - M2	9,0
3	MACETA 3 – 30 MASTER 10 - M3	11,3
4	MACETA 4 – 25 CALIFORNIA - M4	6,0
5	MACETA 5 – 25 MOAPA - M5	7,3

En la tabla 16 se muestra la presencia de plomo en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación.

**Tabla 16.**

*Plomo en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación*

	<b>VARIEDAD</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>	<b>% de remoción</b>
1	M.1 - 20 MASTER 10 (RAÍZ)	16,3	59
2	M.2 - 25 MASTER 10 (RAÍZ)	15,3	56
3	M.3 - 30 MASTER 10 (RAÍZ)	12,3	45
4	M.4 - 25 CALIFORNIA (RAÍZ)	19,3	71
5	M.5 - 25 MOAPA (RAÍZ)	16,0	59

En la tabla 17 se aprecia la presencia de plomo en los tallos y hojas de la alfalfa después de la fitorremediación.

**Tabla 17.**

*Plomo en los tallos y hojas de la alfalfa después de la fitorremediación*

	<b>Macetas</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>
1	M.1 - 20 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	2,7
2	M.2 - 25 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	2,0
3	M.3 - 30 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	3,3
4	M.4 - 25 CALIFORNIA (HOJAS Y TALLO)	<2
5	M.5 - 25 MOAPA (HOJAS Y TALLO)	3,0

- **Factor de bioconcentración del plomo**

En la tabla 18 se visualiza los resultados del factor de bioconcentración del plomo.

**Tabla 18.**

*Factor de bioconcentración del plomo*

Variedades de alfalfa	Concentración (mg/kg)	Factor de bioconcentración
M.1 - 20 MASTER 10 (RAÍZ)	16,3	0,59
M.2 - 25 MASTER 10 (RAÍZ)	15,3	0,56
M.3 - 30 MASTER 10 (RAÍZ)	12,3	0,45
M.4 - 25 CALIFORNIA (RAÍZ)	19,3	0,71
M.5 - 25 MOAPA (RAÍZ)	16,0	0,59

- **Factor de traslocación del plomo**

**Tabla 19.**

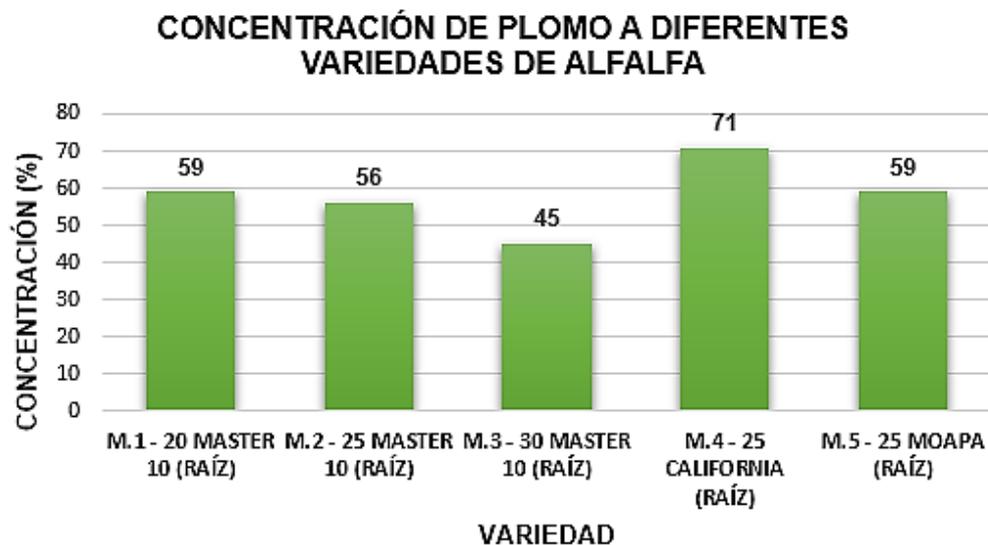
*Factor de traslocación del plomo*

Variedad de alfalfa	Concentración (mg/kg)	Factor de traslocación
M.1 - 20 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	2,7	0,16
M.2 - 25 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	2,0	0,13
M.3 - 30 MASTER 10 (HOJAS Y TALLO)	3,3	0,27
M.4 - 25 CALIFORNIA (HOJAS Y TALLO)	<2	0,10
M.5 - 25 MOAPA (HOJAS Y TALLO)	3,0	0,18

En la figura 7 se observa una mejor visualización de la presencia de plomo en las raíces de alfalfa una vez aplicada la fitorremediación.

**Figura 7.**

*Plomo en las raíces de alfalfa después de la fitorremediación*



La figura 7 muestra que la maceta 4 - 25 california - M4 existe mayor remoción de plomo con un porcentaje de remoción de 71 % en comparación del resto de las variedades, en especial la variedad de alfalfa master10 sembrada a densidad 30 kg/ha que presenta una remoción muy baja de 45 % de plomo, entonces se llega a la conclusión que la mejor variedad que absorbió es la california. Cabe resaltar que la raíz de alfalfa de las tres variedades usadas no son exclusoras de plomo, ósea que no retienen por completo en las raíces, es más, también existe concentraciones en consideración en los tallos y hojas de alfalfa, entonces no es recomendable el uso de la planta de alfalfa para la remoción del plomo en específico. Ya que como consecuencia no se debería consumir dicho vegetal por los animales por más mínimo que hubiera el contenido del plomo en las partes áreas del vegetal.

Munive (2018), reportó en su trabajo de tesis un porcentaje de remoción y acumulación del plomo en su raíz de 80 % y 20 % en los tallos, hojas y frutos, usando compost de Stevia y a la vez aplicando la fitorremediación con la planta de maíz y sin uso de densidad de siembra, también trabajó con la planta de girasol donde obtuvo una remoción de 55 % acumuladas y fitoestabilizadas en sus raíces, mientras la asimilación del plomo a los tallos, hojas y flores fue de 45 % aunque el girasol no es consumida por el ser humano, esta debe bioacumular por lo menos gran cantidad del metal pesado en las raíces.

Mientras en este estudio se logró remover 71 % de plomo, esto debido a la variedad de la alfalfa, a la densidad de siembra y por el tiempo de corte de 6 meses, cabe señalar que en este trabajo de tesis existe concentración pequeña en los tallos y hojas superando 1 mg/kg, en tal sentido no es recomendable aplicar la fitorremediación para remover el plomo con la ayuda de la alfalfa, tampoco usar el maíz como lo señala Munive (2018), por ser una planta comestible por el ser humano. La concentración de los biosólidos acondicionados con tierra están por debajo de los límites máximos permisibles para uso agrícola y suelo residencia o parques.

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó luego del proceso de remoción con la planta alfalfa, las concentraciones de los metales pesados presentes en los biosólidos acondicionado con tierra; siendo para el cromo de 257,7 mg/kg, cadmio de 7,0 mg/kg y plomo de 27,3 mg/kg, mientras en la raíz y parte aérea de la alfalfa se encontró que la mayor acumulación en las raíces se obtuvo con la variedad california y con densidad de 25 kg/ha, cromo presente con una concentración de (112 mg/kg), cadmio (4,0 mg/kg) y plomo (18,7 mg/kg). Mientras en la parte aérea la acumulación de los metales pesados es demasiado bajo, el cromo presenta una concentración <1 mg/kg, mientras el cadmio presenta un valor <1 mg/kg ambos en toda las variedades y densidades, también el plomo presenta un valor muy bajo de <2 mg/kg en la variedad california y de densidad 25.

Se determinó el porcentaje de remoción de los metales pesados luego del empleo de la raíz de alfalfa (*Medicago sativa*) en la muestra preparada (biosólidos acondicionado con tierra), usando tres variedades distintas de alfalfa y sembradas a diferentes densidades, donde se obtuvo buenos resultados de la remoción de metales pesados con la variedad de california y con densidad de siembra de 25 kg/ha, pudiendo encontrarse al cromo con (43 %), cadmio con (76 %). Por último, el plomo con (71 %).

Se concluye que la alfalfa (*Medicago sativa*) es una especie fitoestabilizadora de cromo, cadmio y plomo en sus raíces, es una planta exclusora ósea no traslada significativamente al cromo, cadmio y plomo de la raíz a los tallos y hojas, por lo cual está determinado que la *Medicago sativa* es utilizable como planta fitorremediadora para biosólidos o suelos contaminados con metales pesados. Las concentraciones están por debajo de los Límites

máximos permisibles después de la fitorremediación tanto del cadmio y plomo mientras el cromo por presentar alta concentración superior a los 100 mg/kg no se encuentra por debajo de los LMP para uso agrícola a pesar de presentar un grado de remoción de 43 %.

## 5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Escuela Profesional de Ingeniería Química y a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “la Tatora”.

Asimismo, a la revista Aypate, y de manera muy especial a su Editor en Jefe y a su Comité Editorial, por la oportunidad brindada de difundir nuestros trabajos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril, L. (2016). *Análisis comparativo de la velocidad de degradación de cromo VI aplicando fitorremediación en medios físicos diferentes: suelo y agua*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Bayón, S. (2015). *Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Calderón, D., & Zamudio, A. (2019). *Fitoestabilización de Cromo Hexavalente por Acasia melanoxylon; una estrategia para el tratamiento de suelos contaminados*. Cundinamarca, Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería.
- Cáritas Puno. (06/08/2013). *Manual para el Cultivo de Alfalfa*. Obtenido de ISSUU: [https://issuu.com/caritas\\_puno/docs/manual\\_alfalfa\\_2009\\_alvaro](https://issuu.com/caritas_puno/docs/manual_alfalfa_2009_alvaro)
- Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, J. (2015). Tratamiento para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. *Revista Ingeniería y Región*, 74,75.
- Chavez, L. (2014). *Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*. Lima, Perú.: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Córdova, A. (2019). *Efluentes de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tatora y la contaminación de las Hortalizas por metales pesados en la comunidad de Tatora - Ayacucho 2017 - 2018*. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Giraldez, L. (2019). *Evaluación de la capacidad fitoextractora de la alfalfa (Medicago sativa) en la remediación de suelos degradados por fertilización sintética en la E.E.A El Mantaro*. Huancayo, Perú.: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- González, G. D. (2011). *Fitorremediación: Una herramienta Viable para la Descontaminación de Aguas y Suelos*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad de los Andes.
- Hernández, C., Gutiérrez, A., Juan, G., González, D., Rubio, C., Revert, C., . . . Hardisson, A. (2017). Contenido de metales pesados en Isodos de depuradora: estrategia de gestión para una isla oceánica. *SESA Revista de Salud Ambiental*, 5-6.

- Lavado, C., Rosario, M., & Recuay, N. (2013). Remoción de cromo (VI) empleando carbonos preparados por activación química a partir de las astillas de eucalipto. *SciELO*, 2.
- Martell, M. N. (2014). *Acumulación de Metales Pesados en Beta vulgaris L. y Lolium perenne L. de Suelos de Cuemanco*. México D.F., : Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mayta, R., & Mayta, J. (febrero de 2017). Remoción de cromo y demanda química de oxígeno de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación. *SciELO*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/general/remocion.php>
- Mendoza, M. (2020). *Capacidad fitorremediadora de la alfalfa Medicago sativa L. en suelos contaminados con plomo evaluada en dos etapas de crecimiento, Végueta, Huaura*. Huaura: Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Mendoza, M. (2020). *Capacidad fitorremediadora de la alfalfa Medicago sativa L. en suelos contaminados con plomo evaluada en dos etapas de crecimiento, Végueta, Huaura*. Huaura, Perú: Universidad Católica sedes sapientiae.
- Munive, R. (2018). *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante Compost de Stevia y Fitorremediación*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Paredes, J. L. (2015). *Optimización de la Fitorremediación de Mercurio en Humedales de flujo continuo empleando Eichhornia Crassipes "Jacinto de Agua"*. Tingo Maria: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Peña, J., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *SciELO*, 2-3.
- Picazo, N., Soria, M., Carrillo, F., Martínez, A., González, G., & Guajardo, M. (2014). Remoción de Cromo usando como adsorbente residuos industriales. *CienciAcierta, Revista científica, tecnológica y humanística*, 26,27.
- Prieto, J., González, C., Román, A., & F., P. (2014). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 29,44.
- Quishpe, K. (2016). *Determinación microbiológica y de metales pesados en jugos de alfalfa (Medicago sativa) usado en la preparación de jugos naturales de fruta, expendidos en los diferentes Mercados del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Rodrigo, T. D. (2018). *Capacidad fitorremediadora de la especie Helianthus annuus mediante la incorporación de enmiendas a suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de Industrias Metalmecánicas*. Lima, Perú.: Universidad Peruana Unión.

- Salazar, M. (2014). *Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Evaluación de especies nativas en la Provincia de Córdoba*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Utría, E., Reynaldo, I., Morales, D., Morúa, A., & Álvarez, N. (2006). *Caracterización de los bisólidos de Aguas Residuales de la estación Depuradoras de Aguas Residuales "QUIBU"*. La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.



## Elaboración de bebida alcohólica de pulpa y cáscara de sandía para dar un valor agregado a la fruta en Piura.

Production of alcoholic beverages from watermelon pulp and rind to add value to the fruit in Piura.



[Imán-More, Danny Aldahir<sup>1</sup>](#)



[Sánchez-Acuña, Jherson Gustavo<sup>1</sup>](#)



[Borrero-Carrasco, Gabriel Ernesto<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo, Piura, Perú.

**Recibido:** 28 Nov. 2024 | **Aceptado:** 29 Nov. 2024 | **Publicado:** 07 Ene. 2025

**Autor de correspondencia\*:** [gabriel.borrero@ucv.edu.pe](mailto:gabriel.borrero@ucv.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Imán-More, D.A. & Sánchez-Acuña, J.G. & Borrero-Carrasco, G.E. (2024). Elaboración de bebida alcohólica de pulpa y cáscara de sandía para dar un valor agregado a la fruta en Piura. *Revista Científica Aypate*, 3(4), 81–92. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.112>

### RESUMEN

Este trabajo de investigación está alineado con el (ODS 9) industria de innovación e infraestructura con el objetivo de elaborar una bebida alcohólica destilada a partir de sandía en la ciudad de Piura como un medio para el desarrollo socioeconómico, esta investigación es de tipo aplicada, un diseño experimental transversal y un enfoque cuantitativo. Se evaluó sensorialmente a una muestra de 10 adultos y se empleó un cuestionario de escala hedónica además de los instrumentos de un diagrama de operaciones DOP/DAP, matriz de observación, análisis químicos y microbiológicos según Norma Técnica Peruana 211.009. Los resultados indicaron que las muestras M4R2, M5R1 y M9R2 son las que presentaron niveles altos de aceptación sensorial y además de ello cumplen con los requisitos químicos y microbiológicos (<10 UFC/mL). Esta bebida tiene características de un licor seco con un grado alcohólico de entre 37 y 40 grados, el costo unitario fue de 6.8 soles y con un valor de mercado de 9.5 soles para una botella de 250 ml lo que evidenció rentabilidad. En conclusión, la producción de esta bebida es rentable, contribuye a reducir el desperdicio de sandía y genera un valor agregado a la fruta para la industria local.

**Palabras Clave** Innovación, Desarrollo sostenible, Bebida, alcohólica, Sandía.

### ABSTRACT

This research work is aligned with the (SDG 9) innovation and infrastructure industry with the objective of elaborating a distilled alcoholic beverage from watermelon in the city of Piura as a means for socioeconomic development, this research is of applied type, a cross-sectional experimental design and a quantitative approach. A sample of 10 adults was sensorially evaluated and a hedonic scale questionnaire was used in addition to the instruments of a DOP/DAP operations diagram, observation matrix, chemical and microbiological analyses according to Peruvian Technical Standard 211.009. The results indicated that samples M4R2, M5R1 and M9R2 are the ones that presented high levels of sensory acceptance and also met the chemical and microbiological requirements (<10 CFU/mL). This beverage has characteristics of a dry liquor with an alcohol content between 37 and 40 degrees, the unit cost was 6.8 soles and a market value of 9.5 soles for a 250 ml

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.



bottle, which showed profitability. In conclusion, the production of this beverage is profitable, contributes to reducing watermelon waste and generates added value to the fruit for the local industry.

**Keywords:** Innovation, Sustainable development, Drink, alcoholic, Watermelon.

## 1.INTRODUCCIÓN

La sandía es una fruta ampliamente cultivada, conocida en todo el mundo, ya que se consume en la mayoría de países, generalmente en el verano, debido a que contiene un gran porcentaje de agua, siendo el 93%, y la presencia de licopeno que es un pigmento el cual le da propiedades antioxidantes (Barrios C. 2023). El cultivo a nivel mundial es de 99.95 millones de toneladas; dentro están los 60.5 millones que se produjeron en China, siendo este el mayor productor del mundo de esta fruta. Por otra parte, en el 2022, en el Perú se produjeron 113.7 mil toneladas según FAOSTAT (2022).

La producción en el Perú en el 2023 fue de 160 mil toneladas, siendo 12.5 mil toneladas la cifra exportada, según SIEA (2023). Por otra parte, 5.3 mil toneladas fue la cifra exportada durante los nueve meses en el 2023 (SIEA 2023). El primer país que más compra sandía peruana es Chile que estableció la cantidad de 56 % más en valor a diferencia del año pasado, siendo un aumento de 82% (PERÚ Agro 2023). La cifra de 743 toneladas fue la cantidad de importación de Ecuador, con una disminución del 88% en el valor y volumen respecto al año anterior. El cultivo de la sandía es vital en el norte del país, pues genera ingresos para muchas personas, ya que demanda de una mano de obra extensa en la zona rural del país (PERÚ Agro 2023).

Esta fruta es consumida por su sabor, sensación de frescura y su alto nivel de agua 93 % lo que le da las características ideales para las personas que necesitan un alimento adecuado para este tipo de climas (Arquinigo B. et al 2023). En Piura, a pesar de tener climas que favorecen a la producción de sandía, existe desperdicio debido a los bajos costos de venta (Agudelo C. y Millan D. 2023). El objetivo principal fue “Elaborar una bebida alcohólica a partir de la pulpa y la cáscara de la sandía para darle un valor agregado a la fruta en la ciudad de Piura”, realizado a través de objetivos específicos como “Determinar las operaciones y recursos requeridos para la elaboración de la bebida alcohólica mediante un DOP/DAP”, “Evaluar las características físicoquímicas y microbiológicas de la bebida según la NTP 211.009”, “Realizar pruebas organolépticas mediante un cuestionario de escala hedónica” y “Determinar el costo-beneficio de la bebida a través de una hoja de costo”

Se propuso la idea de realizar un destilado a base de sandía como producto innovador y atractivo, donde se buscó explorar su potencial en la industria de las bebidas alcohólicas como punto importante para agregar valor a esta fruta y generar ingresos para los agricultores (Galindo T. et al 2019). El diseño de la bebida alcohólica se centra también en aprovechar la cáscara de la sandía reduciendo al mínimo los sobrantes (Lascano G. 2020). Esta fruta abundante en la región ofreció una oportunidad, en pro de la innovación se buscó crear un producto de alta calidad y explorar una forma sostenible de utilizar la sandía como fuente de ingresos para las personas que se dedican al cultivo de este fruto. A través de este proyecto se demostró el potencial que tiene la sandía, pero que tiene que tener muchos otros frutos para generar rentabilidad en la industria alimentaria (Chiroque Q y Sencio S 2020). Angulo K y Troyes E. (2019) Realizaron una bebida alcohólica destilada a base de carambola a través de 24 muestras con concentraciones diferentes de los ingredientes. Luego de haber realizado las operaciones de fermentación, destilación, se realizó un análisis físico-químico de la pulpa fermentada y del producto destilado. El tratamiento T12 tuvo mejores características, acidez

titulable de 4.28 y un pH de 2.904 y, 13 grados brix. Los análisis fisicoquímicos de la bebida destilada fueron: grado alcohólico de 45, además de un pH de 4.501 y 0.12 de ácido acético y de extracto seco se obtuvo un resultado de 0.4 g/l. Se concluyó que esta bebida alcohólica destilada cumple con los requisitos fisicoquímicos y organolépticos de la NTP 211.009.

Gutiérrez G. (2021). Realizó una bebida alcohólica destilada con, el aguardiente de caña rectificado, el jugo de maracuyá y jarabe de sacarosa. El trabajo consistió en seis tratamientos con el objeto de obtener una fórmula base; se usó una prueba sensorial para evaluar las características sensoriales con 30 personas, y la mejor fórmula contuvo 24.4 grados alcohólico y 17 Brix°. Luego de encontrada la fórmula base, se realizó una evaluación para medir la estabilidad del producto, en donde se utilizó tres tipos de estabilizantes a tres niveles de concentración diferentes y el mejor estabilizante fue la glicerina con una concentración del 0.1%. Se diseñó una etiqueta de producto con los requisitos dados por la norma técnica peruana 211.009 de bebidas alcohólicas y licores de frutas.

Como hipótesis se sostuvo que la elaboración de la bebida alcohólica a partir de la pulpa y cáscara de la sandía (*Citrullus lanatus*) en la ciudad de Piura, proporcionó un valor agregado a la fruta, generando beneficios económicos y contribuyendo a la sostenibilidad local.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta es una investigación de tipo aplicada y como tal tiene un enfoque práctico está orientado a buscar soluciones en un contexto real (Castro J. et al 2023). En la investigación se aplicó a través de un proceso de fermentación y destilación. La presente investigación tiene un diseño experimental de tal manera que busca establecer alguna relación causa-efecto a través de una manipulación controlada de las variables (Ramos G 2021). En esta investigación el método utilizado fue pre experimental es la modificación del contenido de las concentraciones de pulpa y cáscara de sandía por lo que se observó un cambio en los resultados. Se usó un enfoque cuantitativo basado en la recolección y análisis de datos numéricos, además la investigación tuvo nivel exploratorio relatando en esta ocasión en la bebida alcohólica realizada a partir de pulpa y cáscara de sandía en Piura, el cual calculó su factibilidad y viabilidad.

La población de su estudio fue la cantidad de sandía que se utilizó para la investigación de la bebida en la región de piura, la muestra fue la cantidad de 54 kg el cual sirvió para poder realizar las muestras y el muestreo se realizó por conveniencia ya que se necesitaba la accesibilidad para poder realizar las pruebas pertinentes. Los criterios de inclusión se seleccionaron las sandías en buen estado y sobre todo que hayan sido cultivadas en la ciudad de Piura. Los criterios de exclusión aplicaron para las sandías exageradamente verdes el cual no aporta requerimientos necesarios como el grado brix además de las sandías afectar en el sabor y los resultados requeridos en esta investigación.

En la presente investigación se usaron dos técnicas la observación con el instrumento de DOP/DAP y una matriz de observación, también la técnica de la encuesta con un cuestionario para evaluar las características organolépticas de la bebida destilada, se usó el análisis documental con el instrumento ficha de laboratorio y una hoja de costos. El método de análisis para un DOP/DAP se basó en determinar las operaciones y recursos requeridos para cada uno de los pasos a seguir y los tiempos que se requirió en la elaboración de una bebida destilada de pulpa y cáscara de sandía. El método de análisis realizado para el instrumento del cuestionario fue de manera cuantitativa usando el programa de spss para poder analizar todo las respuestas de las 10 personas, este análisis se enfocó en evaluar las características físicas de las 27 muestra teniendo en cuenta el sabor, aroma, textura, dulzura,

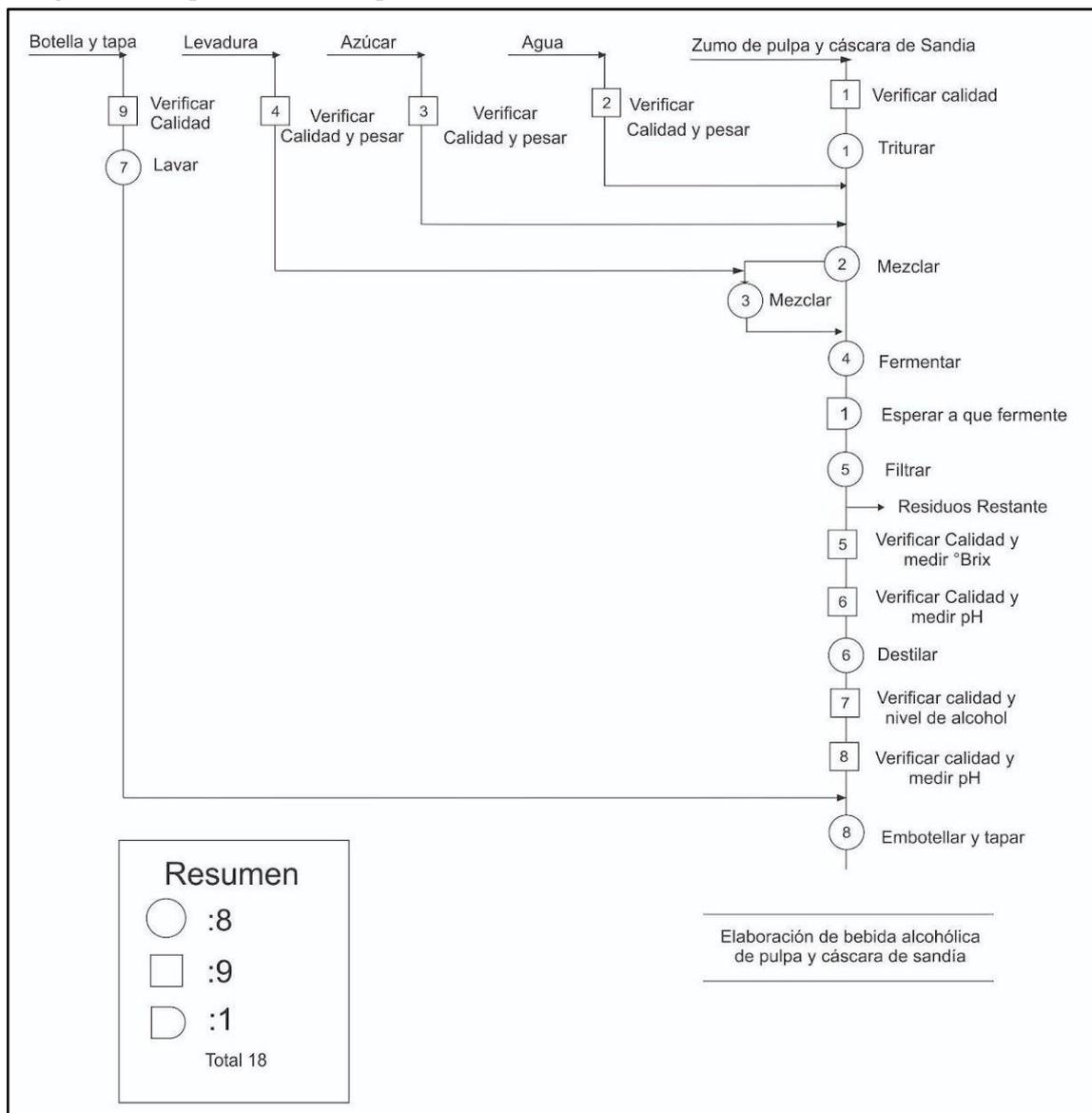
amargor y color. Se evaluó las características físico-químicas y microbiológicas de las mejores muestras según NTP 211.009. Para establecer la relación de costo-beneficio de la bebida alcohólica se tuvo en cuenta cada uno de los costos durante todo el proceso de fermentación y destilación.

### 3.RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el DOP se puede apreciar las actividades que se realizaron para la elaboración de la bebida alcohólica de pulpa y cáscara de sandía el cual trata de 18 actividades (8 operaciones, 9 inspecciones y 1 demora).

**Figura 1.**

*Diagrama de operaciones del proceso (DOP)*



**Nota.** Descripción de las operaciones del proceso de fermentación y destilación

En el DOP se puede apreciar las actividades que se realizaron para la elaboración de la bebida alcohólica de pulpa y cáscara de sandía el cual trata de 18 actividades (8 operaciones, 9 inspecciones y 1 demora). El proceso comenzó con la selección y verificación de la calidad de la sandía en el mercado y con ello también se compraron los demás ingredientes

esenciales como son levadura, azúcar y agua para la preparación del mosto de fermentado donde se usaron medidas especificadas en la tabla 5, se mezclaron los ingredientes y se taparon los envases, luego se procedió con el tamizado de cada una de las 27 muestras para eliminar los restos sólidos de sandía y cáscara, luego de ello se dejó reposar en los envases tapados sin dejar entrar O<sub>2</sub> y liberando CO<sub>2</sub>. Luego de 9 días se realizó el destilado luego de medir los grados brix y PH correspondientes donde se dio de probar a los participantes de las pruebas organolépticas y usando un cuestionario de escala hedónica se recopiló la percepción respecto a lo que les pareció la bebida.

Los hallazgos obtenidos muestran similitudes con los estudios previos de Gutiérrez G. (2020) y Angulo K y Troyes E. (2019) en las etapas de adecuación de la fruta como selección, corte, adición de azúcar así como elección de levadura; es a partir de ello que se denota la importancia de los diagramas de operación de procesos así como los diagramas de flujo que son los que se usan en las investigaciones revisadas para la planificación del proceso, sin embargo se observaron algunas diferencias en el uso de ingredientes adicionales como aguardiente de maracuyá, metabisulfito y bentonita usado para clarificar el vino que no fueron incluidos en el procesos de la sandía, con estas diferencias resaltan con cada tipo de frutas cada bebida requiere ajustes específicos de insumos para darle las características deseadas a los licores y optimización de la producción.

Se realizaron las pruebas a 10 personas que fueron seleccionadas por conveniencia las cuales firmaron el consentimiento informado, luego se les brindó la encuesta y los datos fueron analizados a través del programa SPSS.

**Tabla 1.**

Prueba de Kruskal Wallis							
	Sabor	Dulzura	Amargor	Aroma	Textura	Consistencia	Color
H de Kruskal-Wallis	26,874	52,255	31,745	45,691	45,691	40,789	35,382
gl	26	26	26	26	26	26	26
Sig. asintótica	0,416	0,002	0,202	0,01	0,00	0,033	0,104

*Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis*

**Nota.** La tabla muestra el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis en SPSS.

La tabla muestra que: dulzura, aroma, textura y consistencia presentan diferencias estadísticamente significativas ya que sus valores p son menores a 0.05 lo que significa que hay diferencias reales entre los grupos entre en los atributos sin embargo para; sabor, amargor y color los valores son mayores a 0.05 lo que indica que no tienen mucha diferencia significativa. Para elegir las mejores muestras se tomaron en cuenta las características de dulzura, aroma, textura y consistencia ya que estas son las que tienen diferencias significativas en sus calificaciones por parte de los participantes.

**Tabla 2.**

*Respuestas de pruebas organolépticas sumatoria de las características que tienen diferencia significativa  $p < 0.05$*

Código	Dulzura	Aroma	Textura	Consistencia	Total
1 M1R1	35	28	26	36	125
2 M2R1	27	33	25	30	115
3 M3R1	29	29	29	30	117
4 M4R1	29	37	27	24	117
5 M5R1	31	37	34	30	132
6 M6R1	32	31	30	30	123
7 M7R1	34	29	24	29	116
8 M8R1	29	32	33	25	119
9 M9R1	28	32	30	32	122
10 M1R2	28	32	34	36	130
11 M2R2	27	37	25	25	114
12 M3R2	27	33	23	33	116
13 M4R2	36	36	32	34	138
14 M5R2	27	32	23	36	118
15 M6R2	33	30	30	30	123
16 M7R2	30	31	34	29	124
17 M8R2	30	29	29	28	116
18 M9R2	33	35	34	35	137
19 M1R3	26	32	26	30	114
20 M2R3	26	31	28	29	114
21 M3R3	35	29	31	32	127
22 M4R3	29	36	26	33	124
23 M5R3	26	24	35	32	117

24	M6R3	26	34	27	25	112
25	M7R3	33	30	29	31	123
26	M8R3	29	29	34	34	126
27	M9R3	29	35	34	35	133

**Nota.** Sumatoria de las calificaciones según características sensoriales.

En la tabla se muestra los mejores puntajes de dulzura, aroma, textura y consistencia que presentan diferencias estadísticamente significativas ya que sus valores p son menores a 0.05, las pruebas mejor aceptadas siendo estas las pruebas número M5R1, M4R2 Y M9R2 las cuales tuvieron mejores calificaciones de 132, 138 y 137 respectivamente y fueron elegidas para realizar las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas.

Estos resultados no coinciden con los de Angulo K. y Troyes E. (2019) donde analizó descriptivamente a través de características como aspecto, color, olor, sabor y de acuerdo a la norma NTP 211.001 donde encontró características de una bebida de aspecto claro y brillante, con un olor intenso y característico de carambola, con un sabor ligeramente alcoholizado sin elementos extraño cumple con la norma técnica.

Por otra parte, los resultados no asemejan a la investigación de Cruz J. (2022) donde realizó un cuestionario de escala hedónica 1-9 donde evaluó las características de una bebida alcohólica de frutas a base de diferentes desperdicios con 3 muestras (242, 659 y 938) donde presentaron una diferencia significativa en color, aroma, pero no en el sabor por lo que se dedujo que las cantidades de fruta añadidas dan características organolépticas diferentes.

Para obtener estos resultados físico químicos de las muestras M4R2, M5R1 y M9R2, se enviaron a un laboratorio para realizar ensayos según la NTP 211 009 2012.

**Tabla 3.**

*Resultados de pruebas químicas de laboratorio a las muestras M4R2, M5R1 y M9R2*

	M4R2	M5R1	M9R2	Unidades	Requisitos NTP	
					Min	Max
Grado Alcohólico	37,50	38,50	40,10	% Vol.	15	45
Metanol	17,10	17,80	17,70	mg/100 mL AA	-	100
Azúcares Totales	32	38	41	G/L	-	50

**Nota.** Las pruebas fisicoquímicas de las muestras (M4R2, M5R1 Y M9R2) elegidas arrojaron los resultados en la tabla.

El grado alcohólico volumétrico de M4R2 es de 37%, de M9R2 siendo 38,50 % y M9R2 tuvo 40,10 %. Con respecto al resultado del metanol para M4R2, M5R1 Y M9R2 fueron de 17,10, 17,80 y 17,70 mg/100 mL AA respectivamente. Con respecto a los azúcares totales

de la bebida destilada fueron de 32, 38 y 41 G/L, los resultados indican que las características del licor estuvieron en el rango establecido por la NTP 211.009.

Se tiene relación con lo encontrado con los resultados de Ángulo K. y Troyes E. (2019) donde uso la NTP 211.001(pisco) la mejor muestra de fue la (T12) que tuvo 45° de graduación alcohólica, acidez titulable 0.5 y ph 4.5 y estos resultados cumplen con los de la NTP elegida relacionada a la destilación de Pisco.

El análisis microbiológico de las muestras M4R2, M5R1 y M9R2, se realizó en un laboratorio privado para realizar los ensayos según la NTP 211 009 2012, como lo numeración de aerobios mesófilos, enumeración de mohos y enumeración de levaduras.

**Tabla 4.**

*Pruebas de laboratorio de análisis microbiológicas a las muestras M4R2, M5R1 y M9R2*

	M4R2	M5R1	M9R2	Unidades
Numeración de aerobios mesófilos	<10	<10	<10	UFC/ml
Enumeración de mohos	<10	<10	<10	UFC/ml
Enumeración de Levaduras	<10	<10	<10	UFC/ml

**Nota.** En el cuadro se muestran los resultados de análisis microbiológicos de las muestras M4R2, M5R1 Y M9R2

Los resultados de los análisis microbiológicos nos dieron como resultado que la bebida tiene <10 UFC/ml en la numeración de aerobios mesófilos, con respecto a la enumeración de mohos salió <10 UFC/ml y finalmente en la enumeración de levaduras <10 UFC/ml, esto implica que la cantidad de microorganismos es de 0 unidades formadoras como lo indica el informe de laboratorio.

En la determinación de los costos también se tomaron en cuenta los materiales que se utilizaron en las etapas de la elaboración de la bebida alcohólica, el cual con algunas ya contábamos y otras las tuvimos que adquirir.

Para determinar este objetivo se realizó los costos unitarios de cada muestra como también el de las 27 muestras para esto se completaron con los valores reales que se utilizaron para la elaboración del producto.

Los autores indican que no se realizó pruebas microbiológicas por que indica que su alto grado alcohólico y también del proceso de destilación donde la bebida está sometida a 80 grados de temperatura los microorganismos mueren, además con la destilación que se trata de separar líquidos por su densidad para eliminar microorganismos. Los que tiene similitud con los resultados de nuestra investigación donde las pruebas de análisis microbiológico donde se midió (levadura, mohos, y aerobios mesófilos) los resultados indican una cantidad de <10 lo que significa 0 por lo que no existen estos microorganismos y estando en cumplimiento con la NTP 211.009.

Los que tiene similitud con los resultados de nuestra investigación donde las pruebas de análisis microbiológico donde se midió (levadura, mohos, y aerobios mesófilos) los

resultados indican una cantidad de <10 lo que significa 0 por lo que no existen estos microorganismos y estando en cumplimiento con la NTP 211.009.

**Tabla 5.**

*Costos unitarios relacionados directamente con la elaboración de la bebida*

Descripción	Costo Unitario s/	Costo total (27 muestras) s/
Sandía (2 kg/muestra)	2	54
Azúcar (600 gr/muestra)	2.4	64.8
Agua Embotellada (1L/muestra)	0.5	14.6
Levadura (8 gr/muestra)	0,37	10
Botellas (1 botella/muestra)	0.3	8.1
Agua (10 L/ muestra)	0.024	0.63
Luz Eléctrica (2.08 Kwh)	1.21	33.41
Total	6.8	185.5

**Nota.** Se muestra en la tabla los costos unitarios relacionados directamente con la elaboración del licor.

En el cuadro anterior se puede apreciar los costos asociados directamente con la elaboración de la bebida siendo los costos variables; la sandía, azúcar, agua embotellada, levadura y la botella nos da un valor de 5.6 soles mientras que para las 27 muestras no da un valor de 151.5. Por otra parte, los costos fijos vienen siendo el agua y la luz eléctrica que para cada muestra nos da un valor de 1.2 s/ y para las totalidades de las muestras realizadas nos da un valor de 34.04 s/. El costo total unitario de producción nos arroja 6.8 soles y para las 27 muestras 185.5 soles.

Para determinar la relación costo beneficio se buscaron productos similares con nuestra bebida alcohólica en el presente mercado.

**Tabla 6.**

*Relación Beneficio-Costo*

	Descripción	Costo Unitario s/
Beneficios totales	Precio estimado de Venta (Comparación con precio de mercado 250ml)	9.5
Costos totales	Costos fijos + Costos Variables	6.8
Relación Costo-Beneficio		1.4

**Nota.** La tabla muestra la relación costo y beneficio del licor.

El costo unitario de la bebida alcohólica es de 6.8 soles, en el mercado los productos similares con nuestro producto tienen un precio regular de 9.5 para una botella de 250 ml de destilado. Dando como resultado de la relación beneficio-costo 1.40 siendo la relación mayor que 1 lo cual lo hace rentable.

No coincide con lo dicho por Garrido K. (2020) en su investigación de un destilado de piña los costos indican que significan el 46% respecto a la ganancia y por ello se determinó que no es un producto rentable pues el producto tiene poco margen de ganancia el porcentaje debe estar en un rango de 15 a 20 % y aunque se evaluó la posibilidad de realizar el proceso de maquila se requirió fabricar una gran cantidad (210 botellas) de 750 ml par producir una ganancia significativa.

#### **4. CONCLUSIONES**

Se concluyó que es viable la elaboración de una bebida alcohólica destilada a base de pulpa y cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) en la región de Piura además de aprovechar totalmente la fruta y reducir el desperdicio ayuda a agregarle valor. Según pruebas de laboratorio muestran que tanto pulpa como cáscara tienen el potencial de ser utilizadas para una producción de una bebida destilada con características organolépticas aceptadas para el consumo según la norma técnica 211.009 y pruebas organolépticas.

En la presente investigación se logró determinar las operaciones y recursos necesarios para la elaboración de una bebida alcohólica de Sandía mediante un DOP/DAP. Este instrumento permitió destacar los puntos fundamentales del proceso, adecuación de la fruta, selección, trozado. La variación de los ingredientes, cantidad de sandía (2k), agua potable (1.5 L) y levadura (6,8,10 g), azúcar (500, 600, 700) fueron significativos para el resultado final, como también nos muestra que la etapa de la fermentación (9 días) a (29 C°) con control de grados brix (17 %) y pH y en la destilación a (75 C°), medición de contenido alcohólico entre (37-41 vol%) y densidad fueron fundamentales.

Para llevar a cabo las pruebas organolépticas a través de un cuestionario de escala hedónica, se seleccionó 10 personas y probaron las 27 muestras. El cuestionario tiene características como sabor, dulzura, amargor, aroma, textura, consistencia y color. Los resultados obtenidos se le realizó análisis a través del software SPSS arrojaron que las muestras M5R1, M4R2 Y M9R2 fueron las mejores de acuerdo a las calificaciones del cuestionario en las diferentes características sensoriales evaluadas.

De acuerdo con la norma técnica peruana NTP 211.009 2012 las evaluaciones tanto físico químico como microbiológica de la bebida alcohólica conlleva a la toma de medida de los parámetros de las tres muestras evaluadas M5R1, M4R2 Y M9R2 como, metanol, azúcares totales, grado alcohólico y el análisis microbiológico se buscó cuantificar mohos y levaduras los resultados indicaron que no se encontraron este tipo de microorganismos con resultados (<10 UFC/ml) . Con la finalidad de garantizar los estándares de calidad y seguridad constituidos se encontró que el licor cumple con lo establecido por la NTP 211.009.

La determinación de los costos de la bebida alcohólica se ejecutó descomponiendo los insumos directos como la levadura, sandía, azúcar, etc y los costos indirectos de fabricación con la energía y agua los cuales por unidad de muestra dan como resultado (6.8 s/) el cual permitió evaluar la relación costo beneficio que dio como resultado (1.4) que significa que si es viable.

#### **5. AGRADECIMIENTOS**

Se dedica a este trabajo de investigación a nuestras familias que con amor, paciencia y apoyo incondicional fueron nuestra mayor fortaleza y motivación, agradecemos profundamente a nuestros padres por inculcarnos los valores de esfuerzo y perseverancia. Se agradece a nuestros profesores y guías quienes que con su conocimiento y orientación nos ayudaron a superar los obstáculos y nuestros amigos por su aliento y apoyo constante

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agudelo C., E. y Millán D., M.; 2023; Estandarización de una mermelada artesanal a base de Sandía (*Citrullus lanatus*) en Barrancabermeja Santander, Universidad Industrial de Santander [en línea]. Recuperado de : <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/12474>
- Angulo I., K., & Troyes M., E.; (2019). Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Perú. <https://core.ac.uk/download/pdf/270319083.pdf>
- Arquinigo A., B; Fiestas P., D; Llerena F. L.; Torres G. J.; Zapata S., J.; 2023; Diseño de una planta de producción de hojuelas elaboradas a base de cáscara de sandía, Universidad de piura facultad de ingeniería departamento de ingeniería industrial y de sistemas, En línea , Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/items/7da171fa-c875-49cf-8415-2c339b0b3e63>
- Barrios, C., P.; 2023; Rendimiento y calidad de nueve híbridos de Sandía (*Citrullus lanatus*) bajo manejo orgánico. [en línea]. Recuperado a partir de : <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5716>
- Castro M., J.; Gomez M., L.; and Camargo C., E.; 2023; Applied research and experimental development in strengthening the competence of the 21th century Society [online]., vol.27, pp.140-174. ISSN 0123-912X Available from:[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2023000100140](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2023000100140)
- Chiroque Q., A., Y Sencio S., E.; 2020; Formulación y desarrollo de una mermelada del mesocarpio de sandía (*Citrullus lanatus*) y arándano (*Vaccinium myrtillus*), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8889>
- Cruz M., J.; Cerón C., T.; Pérez T., M., & Santiesteban L., N.; 2022. Bebida Fermentada a Base de Desechos de Fruta de Temporada. In *Vestigium Ire*. Vol. 16-2, pp. 101-111. Encontrada en : [file:///C:/Users/clibe/Downloads/Dialnet-BebidaFermentadaABaseDeDesechosDeFrutaDeTemporada-9540095%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/clibe/Downloads/Dialnet-BebidaFermentadaABaseDeDesechosDeFrutaDeTemporada-9540095%20(2).pdf)
- Faostat, 2022, Cultivos y productos de ganadería, Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura,(en línea) Extraído en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Galindo Tovar M. E., Davila Lezama M. R, Galicia-Sanchez A., Olivares Blanco E., Guerra-Ramírez, D., Aguilar-Rivera, N., Hernandez Rodríguez, G., Famiani, F., & Cruz-Castillo, J. G. (2019). Bebidas alcohólicas artesanales elaboradas con uva *Vitis tiliifolia* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2019000300169&script=sci\\_arttext&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2019000300169&script=sci_arttext&tlng=es).
- Garrido G., K.; 2020, Diseño de manual de procesos para la elaboración de un destilado de Piña, Universidad de las Américas, Escuela de Gastronomía, encontrado en: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12252>

- Gutiérrez R., G.; 2021, proceso de elaboración de un destilado a partir de maracuyá pasiflora edulis Huacho 2021, disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5934/GIANPIERR E%20GORKI%20GUTIERREZ%20REYNOSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lascano G., I.; 2020; Plan de negocios para la elaboración de una bebida diurética preparada en base a sandía y jengibre en la ciudad de Ambato . bachelor Thesis . Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica. Recuperado de : <https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/1805>
- Perú Agro; 2023; Exportaciones de sandía disminuyen en los primeros 9 meses del año. AGRO PERÚ Informa. 5 noviembre 2023. Recuperado a partir de : <https://www.agroperu.pe/exportaciones-de-sandia-disminuyen-en-los-primeros-9-meses-del-ano/>
- Ramos G., C.; 2021, Diseños De Investigación Experimental, Científico del Centro de investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos MIST de la Universidad Tecnológica Indoamérica, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7890336.pdf>.
- (SIEA) Sistema integrado de estadística agraria, 2023, Producción y comercialización de productos avícolas, En línea extraído en: <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-mensuales/16-agro-cifras/189-agro-cifras-23>



## Causas de la desnutrición crónica en niños menores de cinco años en el distrito de José María Arguedas - Andahuaylas

Causes of chronic malnutrition in children under five years of age in the district of José María Arguedas – Andahuaylas.

 [Quispe-Hoyos, Betzabe Astrid<sup>1</sup>](#)

 [Valenzuela-Ramos, Mayte Brised<sup>1</sup>](#)

 [Viguria-Villena, Rosa Rossio<sup>1</sup>](#)

 [Oscco-Llantoy, Melani Araceli<sup>1</sup>](#)

 [Rojas-De la Cruz, Liz Aracely<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, Perú.

**Recibido:** 28 Dic. 2024 | **Aceptado:** 29 Dic. 2024 | **Publicado:** 07 Ene. 2025

**Autor de correspondencia\*:** [1116720241@unajma.edu.pe](mailto:1116720241@unajma.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Quispe-Hoyos, B.A. & Valenzuela-Ramos, M.B. & Viguria-Villena, R.R. & Oscco-Llantoy, M.A. & Rojas-De la Cruz, L.A. (2024). Causas de la desnutrición crónica en niños menores de cinco años en el distrito de José María Arguedas-Andahuaylas. *Revista Científica Aypate*, 3(4), 93–109. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.116>.

### RESUMEN

La desnutrición crónica se caracteriza por un retraso en el crecimiento de una persona, generalmente causado por factores presentes desde temprana edad. Esta investigación tuvo como objetivo identificar las causas de la desnutrición crónica en niños de 0 a 5 años de edad en el distrito de José María Arguedas, provincia de Andahuaylas. Empleando un enfoque fenomenológico, de carácter cualitativo y nivel descriptivo. Asimismo, se seleccionó una muestra de cinco familias con niños menores de cinco años. Para determinar las causas, se realizaron entrevistas a los padres para evaluar su conocimiento y prácticas respecto a la alimentación nutricional de sus hijos. Los resultados indican una falta de conocimiento por parte de las madres sobre los valores nutricionales de los alimentos que proporcionan a sus hijos. Se concluye que las principales causas de la desnutrición crónica en la población estudiada son el desconocimiento del valor nutricional de los alimentos, el bajo nivel socioeconómico, la falta de condiciones adecuadas de salubridad y la falta de educación en salud.

**Palabras Clave:** desnutrición crónica, factores, crecimiento, niños, educación nutricional.

### ABSTRACT

Chronic malnutrition is characterized by a delay in a person's growth, generally caused by factors present from an early age. The objective of this research was to identify the causes of chronic malnutrition in children from 0 to 5 years of age in the district of José María Arguedas, province of Andahuaylas. Using a phenomenological, qualitative and descriptive approach. A sample of five families with children under five years of age was selected. To determine the causes, interviews were conducted with parents to assess their knowledge and practices regarding the nutritional feeding of their children. The results indicate a lack of knowledge on the part of the mothers about the nutritional values of the

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.



food they provide to their children. It is concluded that the main causes of chronic malnutrition in the population studied are lack of knowledge of the nutritional value of food, low socioeconomic level, lack of adequate sanitation and lack of health education.

**Keywords:** chronic malnutrition, factors, growth, children, nutrition education.

## 1. INTRODUCCIÓN

La desnutrición infantil es un grave problema de salud pública y seguridad alimentaria, que afecta a millones de niños a nivel mundial, particularmente en comunidades con características históricas, sociales, políticas, económicas y culturales indígenas (UNICEF, 2021). La desnutrición presenta una alta prevalencia y efectos adversos tanto para los sistemas de salud como para los pacientes. Este problema afecta principalmente a las poblaciones más vulnerables, como los niños menores de cinco años de las comunidades indígenas (ONU, 2009; UNICEF, 2022). Según la OMS (2024), la desnutrición se divide en cuatro grandes tipos: la emaciación, el retraso del crecimiento, la insuficiencia ponderal y las carencias de vitaminas y minerales.

La desnutrición crónica (DC) se define por índices antropométricos, siendo el caso, talla para la edad (T/E) (Torres-Páez, 2021), se denomina también retraso del crecimiento, resultado de carencias nutricionales continuas, frecuentemente asociadas a la pobreza, el estado de salud y nutrición materna, la exposición a enfermedades recurrentes y prácticas inadecuadas de alimentación y cuidado en los primeros años de vida (Erazo et al., 2019). La DC afecta a personas de todos los países, se calcula que unos 149 millones de niños menores de 5 años sufren un retraso del crecimiento (WHO, 2024).

En varios países de Latinoamérica la desnutrición infantil se presenta como un problema de salud pública. En Colombia, principalmente en zonas rurales, uno de cada diez niños presenta desnutrición (Vargas y Hernández, 2020). En África, muchos niños preescolares no reciben dieta en cantidad adecuada y nutritiva; se encuentra hogares con limitaciones al saneamiento (agua y desagüe) y el trabajo informal de las madres ocasiona un tercio de las muertes en los menores de cinco años, así como también el óptimo crecimiento y desarrollo (Omachi et al., 2022; Lee et al., 2022). A nivel global se encontró que el retraso del crecimiento se origina con el control prenatal limitado, pues estos controles tienen como objetivo identificar aquellas gestantes con un mayor riesgo para ser intervenidas y las consecuencias repercuten tanto en el bebé o en la misma madre; así mismo, se debe a la falta de conocimiento sobre la alimentación de la gestante (Rojas et al., 2022).

Desde una perspectiva más amplia, la desnutrición infantil no se debe solo a la falta de alimentos. Existen otras causas menos visibles, como la falta de acceso a alimentos, servicios de salud y una infraestructura de saneamiento adecuada, incluyendo la falta de agua potable. También hay factores más básicos y estructurales, como la pobreza, la desigualdad y la exclusión social (UNICEF, 2021), así como los procesos de aculturación que obligan a las comunidades a cambiar sus prácticas alimentarias tradicionales (Lopez-Ríos, 2021).

Por otro lado, en el Perú la causa más frecuente de la DC es la mala nutrición en los infantes, así como el nivel socioeconómico, aunque recientemente se han descubierto nuevos factores, como la educación de las madres y el analfabetismo, pues las madres con buena formación académica comprenden qué alimentos le ayudarán en su desarrollo y son más hábiles al momento de alimentar a sus hijos basándose en una dieta de nutrientes para el niño (Mamani, 2021). También, el sexo femenino, la edad y residir en una zona rural se

asocia a mayor riesgo de presentar desnutrición crónica en los niños menores de cinco años, y es poco posible que su recuperación sea de manera rápida (Ticona et al., 2020; Trujillo-Rondan et al., 2022). Este problema se agrava con el aumento del costo de la canasta básica, que según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se sitúa actualmente en 1,376 soles mensuales. Este incremento considerable dificulta aún más el acceso a una dieta equilibrada para las familias de bajos ingresos (INEI, 2019).

La desnutrición crónica surge de diversos factores, los cuales impiden satisfacer las necesidades nutricionales de los menores (Chimborazo y Aguaiza, 2023). Al respecto, Vertiz et al. (2020) afirman que la DC comprende la descompensación alimenticia en el organismo humano, malas prácticas de alimentación que a largo plazo repercuten en la acción propia del desarrollo humano en sus primeras etapas de vida.

Los niños que sufren de DC muestran un retraso en su crecimiento, esto refleja una clara falta de nutrientes esenciales, lo que aumenta la probabilidad de desarrollar o contraer enfermedades y afecta su desarrollo tanto físico como intelectual. Si no se toman acciones durante el embarazo y en los primeros años de vida, las repercusiones pueden ser irreversibles y perdurarán a lo largo de su vida (Wisbaum, 2011; Vertiz et al., 2020).

Cabe resaltar que el impacto de la desnutrición crónica en la infancia y en la edad preescolar puede llegar a tener efectos no favorables en el cuerpo humano. Las consecuencias de la desnutrición crónica infantil son diversas: van desde una disminución en el coeficiente intelectual, acompañado de problemas en el aprendizaje, la retención de información y la memoria, hasta un mal desarrollo muscular y una mayor susceptibilidad a desarrollar o contraer enfermedades en la vida adulta. (Santos Villegas, 1990; Vertiz et al., 2020; Cortez y Pérez, 2023). De la misma forma, Paredes et al. (2019) explica que la DC afecta el período en el que estas habilidades cognitivas deberían haberse adquirido, lo que conlleva a un desarrollo más lento del rendimiento cognitivo, ya que el funcionamiento cognitivo puede verse impactado, de manera negativa o positiva, según el estado nutricional previo.

Según UNICEF (2018), no es necesario que el niño padezca desnutrición en un grado avanzado para enfrentar consecuencias graves, ya que tres cuartas partes de los niños que mueren por causas relacionadas con la desnutrición están sólo ligeramente o moderadamente desnutridos. Esta condición, en ocasiones, puede pasar desapercibida, lo que resalta la importancia de intervenir de manera temprana, tanto durante el embarazo como antes de que el niño cumpla los dos años, de no ser atendida a tiempo, las consecuencias no pueden revertirse (Wisbaum, 2011). Además, la UNICEF (2021) señala que, debido a la complejidad de su detección, la desnutrición crónica puede permanecer invisible durante un tiempo considerable, y ya no es posible revertir la situación una vez que se diagnostica un retraso en el crecimiento.

Por un lado, Cordero et al. (2022) mencionan que se presenció una reducción de la desnutrición crónica en Perú a partir del año 2008 hasta el 2014 gracias a un conjunto de innovaciones en materia de política y gestión financiera y presupuestal. Asimismo, Huaylinos (2023) menciona que la situación de la desnutrición crónica a nivel nacional disminuyó en 11.7% al año 2022.

Por otro lado, el informe de resultados preliminares de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar del INEI (2024) afirma el incremento de la desnutrición crónica en niños menores de cinco años en el primer trimestre del año 2024. Lo más alarmante es que Apurímac figura entre las regiones que mostraron aumentos superiores o iguales a 2 puntos

porcentuales con respecto a 2019. Para Romero (2024), este incremento de la desnutrición crónica rompe la tendencia de los últimos años y destaca tanto en zonas rurales como urbanas, evidenciando las persistentes desigualdades en el acceso a alimentos nutritivos y servicios de salud.

Al respecto la IEP (2024) afirma que, en el 2023, la tasa de desnutrición crónica a nivel nacional ha decrecido en los niños de 5 años, de 12.2% a 11.5 %, pero en Apurímac este valor aumentó de 16 % a 19%, convirtiéndose en la quinta región con mayor porcentaje de desnutrición, y la primera en la macro región sur. Ello podría estar asociada con la caída de la actividad agrícola, afectada por altos costos de fertilizantes y sequías, que impacta en la cosecha de productos y en la canasta básica.

A pesar de que este problema ha sido ampliamente estudiado desde perspectivas epidemiológicas y biomédicas, hay pocos estudios que aborden el fenómeno desde las voces de los afectados, considerando su visión del mundo. Este vacío de información y falta de contextualización ha generado ineficacia en los programas de asistencia alimentaria implementados por el Estado.

Por tal motivo, el propósito central de esta investigación fue determinar las causas relacionadas con la desnutrición crónica en niños de 0 a 5 años de edad en el distrito de José María Arguedas, Andahuaylas. En la siguiente sección del artículo se presentan los lineamientos metodológicos que orientaron el estudio, los resultados principales y su respectiva discusión teórica.

## **2. MÉTODOS Y MATERIALES**

El presente estudio corresponde a una investigación cualitativa, enfoque fenomenológico y nivel descriptivo (Creswell & Creswell, 2018). Este enfoque asume el análisis de los aspectos más complejos de la vida humana, de aquello que se encuentra más allá de lo cuantificable (Fuster, 2019), de modo que se reducen las experiencias individuales de un fenómeno a una descripción de la esencia universal (Creswell & Creswell, 2018). Por lo tanto, es el enfoque más adecuado para el estudio, ya que es un método que permite explorar y comprender las vivencias del ser humano en el mundo (Baptista et al., 2012). En este caso, desarrollado en el ámbito de la comunidad Huancabamba, provincia de Andahuaylas.

Se eligió el distrito de José María Arguedas (comunidad Huancabamba) debido a que es una de las zonas con mayor prevalencia de desnutrición crónica en menores de cinco años para el mes de octubre (HISMINSA, 2024). Asimismo, la población de este distrito es en su mayoría de carácter rural, siendo solo el 31.5 % de carácter urbano, sobre todo en la capital de distrito (Equipo de Salud del Centro de salud Huancabamba, 2023).

La técnica utilizada fue la entrevista, en cambio el instrumento es una ficha de entrevista semiestructurada compuesta por 10 preguntas relacionadas a los factores determinados de acuerdo a la literatura revisada: factor económico, 3 preguntas; factor desconocimiento y salubridad, 4 preguntas; y factor alimentación, 3 preguntas. Para la recolección de datos, se utilizó como material de apoyo, una grabadora para registrar las respuestas y hojas para la realización de las preguntas. Esta entrevista se realizó en los hogares de los participantes para identificar las causas de la desnutrición crónica en niños menores de cinco años. Cabe aclarar que la entrevista se aplicó a los adultos responsables del menor que estuvieron de acuerdo en brindarnos información. Al inicio, se les preguntó de manera cordial si estaban dispuestos a responder una serie de preguntas relacionadas con el tema de investigación.

Para recopilar la información según el objetivo de la presente investigación, se ha procedido de la siguiente manera: se solicitó los historiales clínicos de los niños menores de cinco años en el centro de salud del distrito de José María Arguedas. A través de este historial se identificó a 221 niños con desnutrición crónica de 762 infantes. Se seleccionó para la muestra a cinco niños, de manera no probabilística, porque se ajusta a los propósitos del presente estudio (Cuesta y Herrero, 2009). El criterio más importante para escoger dicha muestra fue, aquellos niños con un mayor grado de desnutrición crónica, además de otros criterios como, la facilidad de ubicarlos por la cercanía y aquellas familias más receptivas, estos datos del menor de cinco años se evidencian en la tabla 2.

**Tabla 1.***Información de los padres de familia*

<b>Código del cuidador</b>	<b>Número de hijos</b>	<b>Edad</b>	<b>Día y hora de entrevista</b>
Madre 1	01	34	22/11/2024 (6:38 a.m.)
Padre 2	01	33	22/11/2024 (7:03 a.m.)
Madre 3	05	40	22/11/2024 (05:00 a.m.)
Madre 4	01	26	22/11/2024 (7:10 a.m.)
Madre 5	05	42	22/12/2024 (6:55 a.m.)

**Nota.** Se entrevistó sólo a uno de los cuidadores del menor, en este caso la madre o el padre.

**Tabla 2.***Datos del historial clínico de niños menores de cinco años con DC*

<b>Menor de 5 años</b>	<b>Sexo</b>	<b>Edad</b>	<b>Talla</b>
sujeto 1	M	2a4m	83,5 cm
sujeto 2	M	1a10m	78,8 cm
sujeto 3	M	2a3m	80,8 cm
sujeto 4	F	2a10m	84,5 cm
sujeto 5	F	2a9m	79,5 cm

**Nota.** Datos proporcionados por el centro de salud del distrito de José María Arguedas

### 3.RESULTADOS

Estadísticos relevantes. La desnutrición crónica se determina por la talla para la edad del niño, para lo cual existen estándares establecidos (Wisbaum, 2011). Con relación al presente estudio, se analiza en función a los datos obtenidos:

**Tabla 3.**

*Relación de la talla para la edad de los niños*

Menor de 5 años	Sexo	Edad	Talla	Estándares de talla (cm)	Diagnóstico
Sujeto 1	M	2a4m	83,5 cm	87,1 - 93,7	DC
Sujeto 2	M	1a10m	78,8 cm	83,1 - 89	DC
Sujeto 3	M	2a3m	80,8 cm	86,4 - 90	DC
Sujeto 4	F	2a10m	84,5 cm	89,9 - 97,4	DC
Sujeto 5	F	2a9m	79,5 cm	89,3 - 96,6	DC

La talla del sujeto 1 de sexo masculino es de 83,5 cm, menor al tamaño estándar establecido para su edad de dos años y cuatro meses: 87,1 cm a 93,7 cm. Por lo tanto, el diagnóstico determina, según el dato proporcionado, que el menor se encuentra con desnutrición crónica. Con relación al sujeto 2, los datos refieren que también se encuentra con desnutrición crónica, porque la talla de 78,8 cm es menor al estándar de 83,1 a 89 cm, para la edad de un año y diez meses. Respecto a la talla del sujeto 3, es de 80,8 cm, esto sugiere que es menor al estándar establecido para su edad de dos años y tres meses, que es entre 86,4 a 90 cm, por lo tanto se diagnostica con DC. Asimismo, se menciona la talla del sujeto 4 de sexo femenino que es de 84,5 cm, que está por debajo del rango estándar establecido de 89,9 a 97,4 cm para su edad de dos años y diez meses, así que se considera con DC. Para terminar, del sujeto 5, se observa que la talla del menor de dos años y nueve meses, es de 79,5 cm, lo cual se encuentra por debajo del rango estándar establecido para su edad, que es de 89,3 a 96,6 cm, por lo que, de igual modo presenta DC.

Para determinar las causas que influyen en la DC de niños menores de cinco años, en la comunidad de Huancabamba, se ha procedido a recabar datos a través de la técnica de entrevista. Dicha información se analiza y se discuten con la literatura existente en los siguientes apartados:

Se entrevistó a cinco padres de familia de niños con desnutrición crónica, según los datos obtenidos del centro de salud del distrito de José María Arguedas. Todos los padres enfrentan desafíos en relación al factor económico. La madre 1, manifiesta con relación a la pregunta: *¿Cuánto es el ingreso económico familiar?*, lo siguiente: *“Yo no trabajo, soy ama de casa, mi esposo es que gana el dinero, suele ganar 1000 mensualmente, en épocas buenas llega cerca a 2000”*. Esto indica que la economía familiar depende del trabajo del esposo, con ingresos mensuales limitados, a excepción de las buenas temporadas que son estacionales. Las buenas temporadas se refieren a los periodos del año en los que la cosecha es exitosa y los ingresos aumentan debido a la venta de los productos agrícolas; estas se refieren a los periodos, que duran aproximadamente 8 meses. Sin embargo, este monto es insuficiente para cubrir todas las necesidades básicas, especialmente considerando el costo

de vida. (INEI, 2019). En cuanto a la inversión del ingreso familiar, ella afirma lo siguiente: *“La mayor parte se invierte en mi hijo; en su alimentación, educación, lo que necesite”*, revela varios aspectos importantes sobre sus prioridades y decisiones financieras. En primer lugar, podemos inferir que la madre da una alta prioridad a las necesidades de su hijo. Invertir la mayor parte del ingreso familiar en el niño demuestra el compromiso con su bienestar y desarrollo. Este enfoque en el hijo sugiere que la madre considera fundamental asegurar su nutrición y educación, proporcionando los recursos necesarios para su crecimiento; sin embargo, la frase *“lo que necesite”* también sugiere una flexibilidad en los gastos familiares. La madre parece estar dispuesta a ajustar su presupuesto y destinar fondos a diversas necesidades del niño. Respecto a tener que elegir entre comprar alimentos y cubrir otras necesidades básicas, comenta que *“De vez en cuando, cuando no hay buenos ingresos”*, esto indica que en momentos de bajos ingresos, la madre enfrenta la difícil decisión de priorizar la alimentación por encima de otras necesidades básicas. Esta situación refleja la inestabilidad económica de la familia, donde la fluctuación en los ingresos puede obligar a tomar decisiones que impactan en diversas áreas de la vida familiar, destacando la importancia de la alimentación como una necesidad primordial (Mamani, 2021)

El padre 2, manifiesta con relación a la pregunta de la cantidad de sus ingresos económicos lo siguiente: *“En las buenas temporadas gano, aproximadamente, 2800 soles”*. Estos períodos que duran, aproximadamente, 8 meses, permiten una mayor estabilidad financiera; sin embargo, en cuanto a decisiones que haya tenido que elegir entre comprar alimento y cubrir otras necesidades básicas, admite lo siguiente: *“Sí, por situaciones o inconvenientes que no estaban planificados”*, indica que el padre ha tenido que enfrentar decisiones difíciles entre comprar alimentos y cubrir otras necesidades básicas debido a imprevistos financieros. Esto sugiere que la familia pese a tener buenas ganancias, presenta una mala gestión en el manejo de sus ingresos, donde no hay suficiente margen para absorber gastos inesperados sin afectar la nutrición. Estos inconvenientes pueden agravar los efectos de la desnutrición crónica, ya que la nutrición adecuada puede verse comprometida cada vez que surgen gastos no planificados. La frecuencia de estos dilemas financieros destaca la vulnerabilidad de la familia y cómo cualquier perturbación puede tener un impacto negativo en su bienestar general, especialmente en la salud y el desarrollo del niño (Mamani, 2021; UNICEF, 2021). Asimismo, en cuanto, a la inversión de la mayor parte menciona lo siguiente: *“En alimentación (la tercera parte), lo demás se divide en otras necesidades y en la salud del bebé”*. Este enfoque demuestra un intento de equilibrar el presupuesto, destinando el ingreso restante a otras necesidades y la salud del bebé, lo cual destaca la prioridad en el bienestar del niño. (Mamani, 2021). Esto sugiere que la familia está en una situación económica precaria donde no hay suficiente margen para absorber gastos inesperados sin afectar la nutrición, además de una mala gestión en el manejo de sus ingresos.

La madre 3 manifiesta lo siguiente: *“Trabajo para el Estado. Mi ingreso mensual es de 1000 soles aproximadamente”*. A través de esta información, podemos señalar que la persona entrevistada tiene un empleo y una remuneración que ayuda a solventar los gastos de la familia; sin embargo, el monto que percibe es totalmente irrisorio con relación al costo de la canasta familiar (INEI, 2019). La suma de mil soles apenas cubriría una alimentación con productos de la zona, que produce principalmente tubérculos y algunos

productos de panllevar. Es decir, el ingreso familiar solo cubriría una alimentación, en su mayoría, de carbohidratos, con menos proteínas y vitaminas, esenciales para el buen desarrollo en la infancia. Esto indica que el nivel socioeconómico es uno de los factores críticos que contribuyen a la desnutrición crónica, ya que las familias con ingresos bajos tienen dificultades para acceder a una dieta balanceada y nutritiva (Mamani, 2021). En cuanto a la inversión del ingreso familiar, la Madre 3 indicó: *“Hago un balance para la repartición en todo”*, lo cual refleja su intento de cubrir las necesidades básicas (vestimenta, educación y alimentación). Sin embargo, al agregar: *“A veces, depende del padre también”*, en relación a si ha tenido que elegir entre comprar alimentos y cubrir otras necesidades básicas, menciona que esta elección puede variar, indicando que la inestabilidad económica y la dependencia del aporte del padre pueden forzar decisiones difíciles. Esta falta de control constante sobre los ingresos familiares complica la planificación financiera y la asignación de recursos, introduciendo incertidumbre en la aptitud para cubrir las necesidades esenciales de la familia. Esta inestabilidad puede contribuir a la dificultad de mantener una dieta equilibrada y adecuada, exacerbando los efectos de la desnutrición crónica (UNICEF, 2021)

La respuesta de la Madre 4, en cuanto a la pregunta de la cantidad de sus ingresos menciona lo siguiente: *“Mi ingreso es de aproximadamente 2400 soles”*, lo que indica ingresos mensuales ligeramente superiores, pero enfrentan problemas debido a una gestión presupuestaria ineficiente. *“Una parte se invierte en la educación de mi esposo, ya que está estudiando su segunda carrera, otra parte en la alimentación, vestimenta y lo que sobra en gastos particulares de la casa”*, revela que hay una diversificación en el uso de los ingresos familiares. La inversión significativa en la educación del esposo muestra un enfoque en el desarrollo a largo plazo, pero esto puede limitar los fondos disponibles para otras necesidades inmediatas como la alimentación y vestimenta. La tensión financiera resultante puede ser una causa subyacente de desnutrición crónica, ya que los recursos destinados a la educación podrían dejar insuficiente el presupuesto para asegurar una dieta equilibrada (Torres-Páez, 2021). Por otro lado, afirma que *“no”* ha tenido que elegir entre comprar alimentos y cubrir otras necesidades básicas, lo que sugiere que su situación económica le permite satisfacer todas las necesidades sin compromisos significativos.

En cuanto a la Madre 5 menciona lo siguiente: *“Se gana cinco a seis mil soles nomás por cada cosecha”*. Esta dependencia de la cosecha implica períodos prolongados sin un flujo constante de dinero, lo que dificulta la gestión financiera continua y la planificación de gastos. La inestabilidad financiera resultante puede limitar la capacidad de la familia para mantener una dieta equilibrada y adecuada, contribuyendo a señalar como causa de desnutrición crónica (Chimborazo & Aguaiza, 2023). Agrega, además: *“Invierto principalmente en educación, alimentación y alquiler del cuarto de uno de mis hijos mayores; lo mínimo en la vestimenta”*. Es importante destacar que la vestimenta también es esencial, especialmente para su hija menor. Los niños tienden a ensuciarse con facilidad y no cambiarse de ropa a tiempo puede generar problemas relacionados con la higiene. Además, la vestimenta debe ser adecuada para el clima frío de la región (UNICEF, 2021). Asimismo, en relación a si ha tenido que elegir entre comprar alimentos y cubrir otras necesidades básicas, menciona lo siguiente: *“Uno de mis hijos está en la universidad y debo pagar el alquiler de su cuarto”*. sugiere que la madre enfrenta dificultades financieras al intentar equilibrar los gastos educativos con las necesidades básicas de la familia. Pagar

el alquiler del cuarto universitario implica destinar recursos limitados, lo que puede forzar a elegir entre la alimentación y otros gastos esenciales. Esta situación agrava la inestabilidad económica del hogar y contribuye a la desnutrición crónica, destacando la fragilidad financiera de la familia y su impacto en la salud y bienestar general (Trujillo-Rondan et al., 2022).

En relación a la segunda dimensión del conocimiento y salubridad las respuestas de los padres de familia, en su mayoría, coinciden en recibir charlas del centro de salud de Huancabamba, en el que brindaron información sobre la buena nutrición de sus hijos, a excepción de la madre 4, que hizo mención de no recibir charlas, pero cuando lleva a su hija a los controles, el personal de salud les da información sobre la correcta alimentación de su menor hija.

La respuesta de la madre 1, en cuanto a si tuvo presencia de problemas digestivos como vómitos frecuentes o diarrea, mencionando lo siguiente: *“Si, cuando se enferma, porque come algunas frutas y por no lavarse la mano se enferma rápido”*. Esto sugiere que el niño tiene un sistema inmunológico débil, probablemente debido a una nutrición inadecuada. La desnutrición crónica puede comprometer la capacidad del organismo para combatir infecciones, lo que resulta en una mayor susceptibilidad a enfermedades. Además, refleja prácticas inadecuadas de higiene. Estos problemas digestivos recurrentes pueden agravar la desnutrición crónica, ya que interfieren con la absorción adecuada de nutrientes esenciales (UNICEF, 2021; WHO, 2024). Respecto al conocimiento sobre alimentos esenciales, la madre dijo: *“Si, como el pescado, huevo y más que todo vegetales”*. La respuesta indica que la madre tiene conocimientos básicos sobre alimentos nutritivos. Sin embargo, la implementación de este conocimiento en la dieta diaria es crucial para promover un desarrollo saludable (Santos Villegas, 1990; Vertiz et al., 2020; Cortez y Pérez, 2023).

Con relación al padre 2 sobre conocimientos de la desnutrición crónica, comenta que no sabe con profundidad, pero tiene idea de que *“la desnutrición crónica ya es algo terminal que sucede después de la anemia, y que afecta a sus factores de crecimiento y más que nada a su desarrollo, ya que están pequeños y sufren retraso”*. Esto sugiere que tiene un conocimiento parcial sobre la condición y sus consecuencias. Aunque reconoce que afecta el crecimiento y desarrollo del niño, no posee una comprensión completa, lo que puede limitar su capacidad para tomar medidas preventivas adecuadas (WHO, 2024). Respecto a los problemas digestivos, la madre menciona lo siguiente: *“Raras veces, pero en un inicio sufrió de anemia cuando dejé de amantar, por eso le sigo amantando”*. Esto indica que el niño ha tenido problemas nutricionales en el pasado, lo cual ha influido en la decisión de continuar amantando, mostrando un reconocimiento de la importancia de la leche materna como fuente esencial de nutrientes (Erazo et al., 2019). Respecto al conocimiento sobre alimentos esenciales, la madre mencionó *“Frutas y verduras”*, lo que sugiere que tiene un conocimiento básico sobre alimentos saludables importantes para el crecimiento y desarrollo de su hijo. Sin embargo, su comprensión de una dieta equilibrada puede ser limitada, ya que no menciona otras categorías de alimentos esenciales como proteínas, lácteos y granos integrales, fundamentales para combatir la desnutrición crónica y asegurar un crecimiento saludable (Mamani, 2021; WHO, 2024).

En cuanto a la madre 3, aunque no se proporcionó una respuesta específica sobre su conocimiento de la desnutrición crónica, la madre mencionó, en cuanto a si su hijo tuvo problemas digestivos afirma lo siguiente: *“Sí, es natural que ocurra este tipo de casos en los niños, no de forma seguida, pero siempre es así”*. Esta percepción de normalidad subraya la falta de conocimiento sobre la gravedad de estos problemas de salud, que son tanto una causa como una consecuencia de la desnutrición (Mamani, 2021). Las enfermedades recurrentes como la diarrea y la gripe afectan la nutrición y el crecimiento de los niños, creando un ciclo vicioso difícil de romper sin una intervención adecuada (Erazo *et al.*, 2019). En relación a la pregunta: *¿Cuántas veces come al día? ¿Qué tipo de alimento le prepara a su hijo en el desayuno, almuerzo y cena?*, la madre menciona lo siguiente: *“Come sus alimentos tres veces al día (desayuno, almuerzo y cena), pero después del desayuno consume cualquier frutita que se encuentra en casa”*, cabe destacar que este último, no siempre es supervisado en cuanto al estado de la fruta, por lo que podría estar contaminado causando infecciones (Erazo *et al.*, 2019). Para la pregunta: *¿Cuántas veces a la semana consume carne, pescado, atajo y menestra?*, la madre responde que *“suele consumir, mayormente, quinua y menestras, y según la disponibilidad, carne de pescado, cuy y pollo”*. Por último, sobre la pregunta: *¿Su hijo consume frutas y verduras frecuentemente?*, la madre indica que su hijo consume frutas con mucha frecuencia, pero hay una falta en el consumo regular de verduras, cambiando sus prácticas alimentarias tradicionales (Lopez-Ríos, 2021).

La madre 4, hizo mención en cuanto al conocimiento sobre la desnutrición crónica, lo siguiente *“Se refiere a como una anemia aguda o fuerte, y puede afectar a mi hija; también, cuando un niño tiene desnutrición crónica no puede caminar”*, mostrando conciencia sobre cómo puede afectar el crecimiento y desarrollo de su hija (Torres-Páez, 2021). Aunque menciona que su hija raras veces ha tenido problemas digestivos, su comprensión sobre la importancia de una alimentación adecuada es evidente. Sin embargo, es esencial que esta información se traduzca en prácticas alimenticias diarias para prevenir la desnutrición (Mamani, 2021).

Respecto a la madre 5 manifiesta lo siguiente: *“Nunca tuvo problemas digestivos, pero cuando tenía aproximadamente 1 año y medio se enfermó por un mes de la gripe, eso era susto en realidad”* parece que el niño no ha experimentado problemas digestivos significativos, lo cual es positivo para su salud general. Sin embargo, la enfermedad prolongada por la gripe a una edad temprana, y la referencia a "susto", que podría estar relacionado con una creencia cultural sobre enfermedades causadas por sustos o impactos emocionales, indica una posible debilidad en su sistema inmunológico durante esa etapa de su vida. El hecho de que la gripe durará un mes podría haber tenido un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo del niño, ya que enfermedades prolongadas o recurrentes pueden afectar la absorción de nutrientes y el estado nutricional general (Erazo *et al.*, 2019; Vertiz *et al.*, 2020).

Respecto a la alimentación balanceada, la madre 1, mencionó lo siguiente: *“Para la cena mi hijo ya no come mucho, porque le duele su barriga”*. Este problema digestivo está vinculado con las características de su organismo, específicamente con cómo procesa los alimentos por la noche. El dolor estomacal que experimenta podría estar asociado con los efectos de la desnutrición crónica, una condición que afecta negativamente al desarrollo y

funcionamiento del sistema digestivo. En casos de desnutrición crónica, el cuerpo carece de los nutrientes necesarios para realizar adecuadamente procesos básicos, como la digestión, lo que puede generar molestias, sensibilidad en el estómago y dificultad para asimilar ciertos alimentos, especialmente en horarios tardíos. Esto también indica un impacto general en la salud y bienestar del niño. (Santos Villegas, 1990; Vertiz et al., 2020; Cortez y Pérez, 2023). Asimismo, la madre comentó: *“La carne roja y el pescado, solo llegamos a consumir 2 o 3 veces a la semana, lo preparo en caldo mayormente, a mi hijo no le gusta mucho el pescado”*. Este rechazo podría estar relacionado con el hecho de que el niño solo ha probado el pescado en “caldos” este se refiere al líquido que se obtiene al hervir en agua uno o más ingredientes, como carnes, pescados o vegetales (RAE), lo que podría haber influido negativamente en su percepción del alimento, la madre podría considerar variar las formas de preparación del pescado, para que de esta manera se podría mejorar su disposición a consumirlo y, con ello, aprovechar los nutrientes esenciales que el pescado aporta a su dieta, ya que, es una fuente rica en proteínas de alta calidad, indispensables para el desarrollo, y en micronutrientes como hierro, zinc y yodo, que son esenciales para prevenir condiciones como la anemia y promover un crecimiento saludable (OMS, 2024; FAO, 2016).

Con relación al padre 2 mencionó que su hijo asiste al programa Cuna Más, aunque no muestra interés ni conocimiento sobre los alimentos que este proporciona, al ser consultada sobre su conocimiento al respecto, expresó: *“Supongo que son alimentos nutritivos”*, lo que indica que da por hecho que los alimentos son adecuados, pero no verifica esta información. Asimismo, comentó que en las mañanas suele prepararle un fondo y, por las tardes, alguna fruta. La información proporcionada por la madre indica que, habitualmente, prepara fondo como desayuno para su hijo. Esta práctica no constituye una alimentación complementaria adecuada, especialmente si el menor presenta desnutrición. Una alimentación complementaria debe garantizar un equilibrio entre macro y micronutrientes para suplir las necesidades de crecimiento y desarrollo del niño. También se puede inferir que la sopa preparada contiene predominantemente papa y pollo, ingredientes que, si bien aportan carbohidratos y algunas proteínas, no ofrecen una densidad nutricional óptima en comparación con alimentos como la carne roja. La carne roja es una fuente rica en hierro hemo, necesario para prevenir anemia, y proteínas de alta calidad para la reparación y construcción de tejidos. Por ello, el desayuno ideal para un niño o niña debe incluir un alimento perteneciente a la clasificación de los cereales, incluyendo leche o algún derivado lácteo como yogur y acompañado de una fruta, Se sugiere su consumo en forma entera, aunque algunas recomendaciones indican que también puede ofrecerse en jugos naturales, siempre y cuando no se añada azúcar. Incluir estos tres grupos de alimentos en el desayuno ayuda a cubrir las recomendaciones de consumo de cada uno de ellos y su consumo por separado se asocia a mejores patrones alimentarios, asimismo, deben evitarse los alimentos de alto contenido calórico y baja densidad nutricional, que simplemente aportan calorías, grasa, sodio o azúcar a la ingesta total del día (Frank, 2009; Rampersaud et al 2005).

Además, señaló que su hijo come poco debido a su edad, y según la madre, considera que esta cantidad es adecuada. Cuando la madre menciona que, según ella, la cantidad de alimentos consumidos por su hijo es adecuada, se evidencia una posible carencia de información respecto a las porciones y tipos de alimentos que deberían formar parte de una dieta equilibrada según la edad del menor. Esto refleja un vacío de conocimiento

nutricional, lo cual puede limitar su capacidad para garantizar una alimentación adecuada que cubra las necesidades calóricas y de nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo del niño. De igual forma, dado que el niño está en una etapa crucial de desarrollo, la lactancia materna es fundamental y debe ser su alimento exclusivo durante los primeros seis meses. Sin embargo, al dejar de amamantar, es importante comenzar con una alimentación complementaria adecuada (Durán et al, 2013). Por ello, se recomienda iniciar con papilla o puré mixto y postre de frutas, el puré debe contener cereales, verduras, aceite vegetal y alimentos proteicos (carne) ya que este es rico en hierro lo que le fortalecería su sistema inmune, y no se debe agregar sal, ni azúcar a los postres ya que este disminuye las proteínas del alimento, por otro lado, los edulcorantes artificiales (sacarina) por lo que no se deben incluir en los alimentos destinados a lactantes. Además, las colaciones a media mañana no son imprescindibles y, en caso de ofrecerse, deben consistir exclusivamente en frutas (Torrejón et al, 2005).

También indicó que al niño no le gusta el huevo a menos que sea frito, por ello, freír los huevos puede provocar una pérdida de algunos nutrientes, especialmente las vitaminas. Aunque las proteínas del huevo permanecen prácticamente intactas durante la fritura, el calor elevado y las grasas añadidas pueden degradar ciertas vitaminas, como las vitaminas A, D y algunas del complejo B, así como los antioxidantes. Además, el proceso de fritura aumenta el contenido de grasas, lo cual puede alterar el balance nutricional del huevo (Hills, 2019). Del mismo modo, los huevos ofrecen beneficios que van más allá de la alimentación infantil, esto quiere decir, que un solo huevo proporciona la mitad de las proteínas necesarias para un niño de entre uno y tres años y cubre alrededor del 30% de los requerimientos proteicos de un niño de entre cuatro y ocho años. Además, los huevos aportan zinc, selenio, hierro, yodo y vitamina K y D, todos ellos nutrientes indispensables para el crecimiento (ILH, 2020), pero al ser frito y no cocido pierde gran proporción de sus nutrientes.

De la misma manera, la madre 3 ofrece alimentos como verduras, pero principalmente en forma de frituras, como arroz con huevo o coliflor revuelta con huevo, también tiende a preparar comidas que se componen principalmente de arroz y pollo, dejando de lado las menestras. Su dieta prioriza carbohidratos y lípidos por encima de las proteínas, y mencionó que su hija consume bastante pan.

Según López-Ríos (2021), los procesos de aculturación modifican las prácticas alimentarias tradicionales. Esto lleva a que las madres preparen los alimentos de formas distintas a las tradicionales, lo que puede ocasionar una pérdida significativa de nutrientes y afectar la calidad de la alimentación de los menores.

El padre 2 expresó durante la entrevista que, en el pasado, el personal del programa Cuna Más no mostraba suficiente interés en garantizar la calidad de los alimentos ofrecidos a los niños ni en respetar adecuadamente los horarios de las comidas. Esto tuvo un impacto negativo, ya que algunos niños desarrollaron anemia. Además, la falta de atención a estos aspectos podría ocasionar otros problemas, como trastornos digestivos derivados de alimentos inadecuados o el consumo en horarios irregulares, pues, los trastornos como la dispepsia o la acidez estomacal también pueden ser más comunes cuando la comida se consume en momentos irregulares. Además, el no seguir un horario de comidas constante

también puede afectar la motilidad gastrointestinal, resultando en un retraso en el vaciado gástrico, lo cual es perjudicial, especialmente en los niños desnutridos, quienes pueden experimentar más dolor abdominal y sentirse saciados más rápidamente sin consumir suficientes nutrientes (Lin *et al.* 2021). Asimismo, la madre expresó que muchos padres de familia tienden a priorizar sus actividades en las chacras, lo que a menudo provoca que descuidan el cuidado y la atención hacia sus hijos.

En relación a la madre 4 comentó que sus hijos comen tres veces al día más refrigerios, con una dieta que incluye frutas y verduras, generalmente en los refrigerios, En lo referente a la madre 5, en torno a la pregunta: ¿Cuántas veces come al día? ¿Qué tipo de alimentos le prepara a su hijo en el desayuno, almuerzo y cena?, ¿Su hijo consume frutas y verduras frecuentemente? la madre 5 afirma que su hija “*come sus alimentos tres veces al día (desayuno, almuerzo y cena)*”. Además, “*después del desayuno, consume cualquier fruta que se encuentre en la casa*”. La expresión “cualquier fruta que se encuentre en la casa” sugiere que la madre no presta mucha atención a si la fruta está en buen estado o si podría perjudicar al niño. Por ejemplo, si el consumo de alguna fruta le causara una reacción alérgica, la madre podría desconocer cómo manejar la situación debido a su falta de información, asimismo, este podría estar contaminado causando infecciones (Erazo *et al.* 2019).

Sin embargo, en la madre 4, la frecuencia y calidad de las comidas varían según la disponibilidad económica. Aunque se esfuerza por proporcionar una dieta balanceada, la falta de recursos económicos sigue siendo una barrera importante para una nutrición infantil óptima (UNICEF, 2021). La elaboración de los alimentos se adapta de manera equilibrada a las preferencias y tolerancia de los niños. Sus hijos incluyen en su dieta carne, pescado y menestras en diversas ocasiones a la semana, preparados de diferentes formas, como en sopas o frituras.

#### **4.CONCLUSIONES**

Se concluyó que la condición de desnutrición crónica en niños menores de cinco años está influenciada por numerosos factores de riesgo. Sin embargo, los factores predominantes en el distrito de José María Arguedas son la desinformación y la falta de conocimiento sobre el tema de la desnutrición crónica, así como el impacto significativo en el crecimiento y desarrollo de los niños. Es decir, las prácticas alimentarias inadecuadas, influenciadas por las tradiciones y la falta de educación nutricional conllevan a una alimentación deficiente. En muchos casos, las madres y cuidadores carecen de la información necesaria para preparar comidas nutritivas con los recursos disponibles. Del mismo modo, considerar los vómitos y la diarrea en los niños como algo normal evidencia una falta de conciencia sobre la gravedad de estos problemas de salud.

Asimismo, se observa una clara falta de salubridad, ya que la mayoría de los niños sufrió dolores estomacales e infecciones gastrointestinales. Estas infecciones son consecuencia directa de la falta de condiciones sanitarias adecuadas, lo que agrava la desnutrición crónica, ya que provocan la pérdida de nutrientes esenciales y deshidratación. Este círculo vicioso entre las infecciones gastrointestinales y la desnutrición crónica es especialmente grave en los niños, ya que afecta profundamente su bienestar general y compromete su crecimiento y desarrollo adecuado.

Además, el aspecto económico juega un papel crucial, ya que a menudo los padres de familia priorizan otros gastos sobre la alimentación adecuada. La presión financiera puede llevar a que los ingresos familiares se destinen a necesidades inmediatas dejando recursos insuficientes para comprar alimentos nutritivos.

## 5. 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

**BAQ-H:** Redacción: borrador original, Conceptualización, Metodología, Investigación, Visualización; **MBV-R:** Redacción: borrador original, Conceptualización, Investigación, Redacción: revisión y edición; **RRV-V:** Redacción: borrador original, Conceptualización, Investigación; **MAO-L:** Redacción: borrador original, Conceptualización, Metodología, Investigación; **LAR-D:** Redacción: borrador original, Conceptualización, Investigación.

## 7. FINANCIAMIENTO

Este trabajo no ha recibido financiación específica de ninguna agencia de financiación en los sectores público, comercial o con fines de lucro. Todo el trabajo fue autofinanciado por los autores.

## 8. ABREVIATURAS

DC: Desnutrición crónica

## 9. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al profesor Edwin, D. Félix Benítez por su valiosa asistencia y orientación en la redacción de este manuscrito.

## 5. REFERENCIAS

- Baptista, P. C. P., Merighi, M. A. B., & Freitas, G. F. (2012). El estudio de la fenomenología como una vía de acceso a la mejora de los cuidados de enfermería. *Cultura de los Cuidados*, XV, 9-15. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17446/1/Cultura\\_Cuidados\\_29\\_02.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17446/1/Cultura_Cuidados_29_02.pdf)
- Castillo-Durán, C., Balboa, P., Torrejón, C., Bascuñán, K., & Uauy, R. (2013). Alimentación normal del niño menor de 2 años: Recomendaciones de la Rama de Nutrición de la Sociedad Chilena de Pediatría 2013. *Revista Chilena de Pediatría*, 84(5), 565-572. <https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062013000500013>
- Chimborazo, M. A., & Aguaiza, E. (2023). Factores asociados a la desnutrición crónica infantil en menores de 5 años en el Ecuador: Una revisión sistemática. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(1), 269-288. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.244>
- Cordero, L., Luna, A., Salhuana, R., & Ramos, G. (2022). Claves de la reducción de la desnutrición crónica infantil en el Perú: El caso del presupuesto por resultados. *Gobierno y Gestión Pública*, 9(2). <https://doi.org/10.24265/iggp.2022.v9n2.07>
- Cortez, D. K., & Pérez, M. E. (2023). Desnutrición crónica infantil y sus efectos en el crecimiento y desarrollo. *Reciamuc.com*. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1158/1828>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Fifth Edition. SAGE Publications. [https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod\\_resource/content/1/creswell.pdf](https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf)

- Cuesta, M., & Herrero, F. J. (2009). Tema: Introducción al muestreo. <http://www.editorialkamar.com/et/archivo04.pdf>
- Defensoría del Pueblo de Colombia. (2014). Informe sobre la desnutrición infantil en Colombia. <http://www.defensoria.gov.co/es/nube/comunicados/3329/La-desnutrición-infantil-en-Colombia-e>
- Erazo, D. C., García, J. I., Chavarriaga, L. M., & Quirós, O. I. (2022). Desnutrición crónica en niños menores de cinco años de la comunidad indígena awá, Barbacoas (Nariño, Colombia), 2019. *Revista Ciencias de la Salud*, 20(1). <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.10868>
- Frank, G. C. (2009). Breakfast: What does it mean?. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 3(2), 160-163. <https://doi.org/10.1177/1559827608327924>
- Fuster, D. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. *Propósitos y Representaciones*, 7(1), 201-229. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267>
- Huaylinos, M. I. (2023). Desnutrición crónica infantil en Perú: Avances y perspectivas. *Revista Vive*, 6(18), 859-869. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v6i18.269>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). La pobreza monetaria disminuyó en 1,2 puntos porcentuales durante el año 2018. <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/535321-pobreza-monetaria-disminuyo-en-1-2-puntos-porcentuales-durante-el-ano-2018>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). Perú: Indicadores de resultados de los programas presupuestales, Primer semestre 2024. [https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2024/ppr/Indicadores\\_de\\_Resultados\\_de\\_los\\_Programas\\_Presupuestales\\_ENDES\\_Primer\\_Semestre\\_2024.pdf](https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2024/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_Primer_Semestre_2024.pdf)
- Instituto Peruano de Economía. (2024). Apurímac: Más de la mitad de los niños menores de 3 años sufren de anemia. <https://incoreperu.pe/portal/index.php/noticias/item/280-apurimac-mas-de-la-mitad-de-los-ninos-menores-de-3-anos-sufren-de-anemia>
- Lee, H., Murimi, M., & Dawson, J. (2022). Factors Associated with Child Malnutrition in the Somali Region of Ethiopia: A Cross-Sectional Survey. *Global Social Welfare*, 9(02), 69-77. <https://doi.org/10.1007/s40609-021-00212-9>
- López-Ríos, J. M., Cristancho, S., & Posada-Zapata, I. C. (2021). Perspectivas comunitarias alrededor de la desnutrición infantil en tres comunidades wayúus de La Guajira (Colombia). *Revista Ciencias de la Salud*, 19(2), 1-22. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.10286>
- Mamani, M.-O. (2021). Impacto del Programa Juntos sobre la desnutrición crónica infantil en el Perú, 2016-2018. *Semestre Económico*, 10(2), 32-49. <https://doi.org/10.26867/se.2021.v10i2.118>
- Omachi, B. A., van Onselen, A., & Kolanisi, U. (2022). Evaluation of Food and Nutrition Security Status of Nigeria Preschool Children Towards Achieving the Sustainable Development Goals 1, 2, 3 - A Review. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 22(10), 21952-21971. <https://doi.org/10.18697/ajfand.115.22520>
- Organización de las Naciones Unidas. (2009). Informe de desnutrición global. Naciones Unidas.
- Paredes, R. P. (2020). Efecto de factores ambientales y socioeconómicos del hogar sobre la desnutrición crónica de niños menores de 5 años en el Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(3), 226-237. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.657>
- Rampersaud, G. C., Pereira, M. A., Girard, B. L., Adams, J., & Metz, J. D. (2005). Breakfast habits, nutritional status, body weight, and academic performance in

- children and adolescents. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(5), 743-760. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.02.007>
- Rojas, C., Gomez, G., Hincapie, O., Dvoretzkiy, S., DeWitt, T., Gracia, D., & Misas, J. D. (2022). The pediatric global burden of stunting: Focus on Latin America. *Lifestyle Medicine*, 3(3). <https://doi.org/10.1002/lim2.67>
- Romero, L. (2024). Aumento Alarmante de la Desnutrición Crónica Infantil en Perú: Un Desafío Urgente. BLOG - CEPEG. <https://cepeg.pe/blog/aumento-desnutricion-infantil-peru-2024/>
- Santos, Y. G. (1990). Efectos de la desnutrición en el crecimiento y desarrollo de niños menores de dos años del PP. JJ. Nuevo paraíso de la ciudad de Pucallpa. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/755d0cd3-73ab-4184-aff9-edf8eab86796/content>
- Ticona, Y., Villarreal, K. M., & Fernández, A. B. F. (2020). Relación del estado nutricional y anemia ferropénica en niños menores de 3 años evaluados en el Centro de Salud Materno Infantil El Bosque–La Victoria, 2019. *Epistemia Revista Científica*, 4(3), 55-68. <https://doi.org/10.26495/re.v4i3.1418>
- Torrejón S., Claudia, Osorio, Jessica, Vildoso F., Mario, & Castillo D, Carlos. (2005). Alimentación del niño menor de 2 años: Recomendaciones de la Rama de Nutrición de la Sociedad Chilena de Pediatría. *Revista chilena de pediatría*, 76(1), 91-97. <https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062005000100013>
- Torres-Páez, F., & Camacho-Camargo, N. (2021). ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO NCHS Y OMS EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 19(3), 149-161.
- Trujillo-Rondan, M., Roldan-Arbieto, L., Talavera, J. E., Perez, M. A., Correa-Lopez, L. E., & Cruz-Vargas, J. A. (2022). Factors Associated with Chronic Child Malnutrition in Peru. *Horizonte sanitario*, 21(2), 158-167. <https://doi.org/10.19136/hs.a21n2.4862>
- United Nations International Children's Emergency Fund. (2018). Desnutrición infantil. <https://www.unicef.org/mexico/desnutrici%C3%B3n-infantil>
- United Nations International Children's Emergency Fund. (2021a). Annual Report 2021. UNICEF. <https://www.unicef.org/ecuador/comunicados-prensa/la-desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-es-un-problema-que-va-m%C3%A1s-all%C3%A1-del-hambre>
- United Nations International Children's Emergency Fund. (2021b). Fed to Fail? The Crisis of Children's Diets in Early Life. UNICEF. <https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2021/09/Fed-to-Fail-FULL-REPORT-Child-Nutrition-Report-2021-FINAL.pdf>
- United Nations International Children's Emergency Fund. (2022). Desnutrición infantil. <https://www.unicef.es/causas/desnutricion-infantil#:~:text=2>
- Vargas, M. y Hernández, E. (2020). Los determinantes sociales de la desnutrición infantil en Colombia vistos desde la medicina familiar. *Medwave*, 20(02). <https://doi.org/10.5867/medwave.2020.02.7839>
- Vertiz-Osores, J. J., Aparicio-Fernández, M. F., Guevara-Duarez, M. F., Díaz-Mujica, J. Y., Pérez-Saavedra, S., y Menacho-Vargas, I. (2020). Participación ciudadana como estrategia de diagnóstico para la toma de decisiones para reducir la desnutrición crónica en un distrito de Lima. *Eleuthera*, 22(2), 132–146. <https://doi.org/10.17151/eleu.2020.22.2.9>
- Wisbaum, W. (2011). La desnutrición infantil - Causas, consecuencias y estrategias para su prevención y tratamiento. <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/3713>

World Health Organization. (2024). Malnutrición. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/malnutrition>

## **11. DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS**

Múltiples conjuntos de datos públicos: Los conjuntos de datos utilizados en esta investigación se encuentran en diversos repositorios en línea. Los detalles sobre estos repositorios y sus números de acceso correspondientes se especifican en el artículo.

Datos incluidos en el artículo: Todos los datos relevantes generados en este estudio se encuentran incorporados en el artículo. Para consultas adicionales, se insta a contactar al autor de correspondencia.

Datos con acceso restringido: Solo un dato es de acceso restringido ya que se obtuvo de forma física, el caso de datos proporcionados por HIS-MINSA. Las solicitudes de acceso deben dirigirse a DISA APURÍMAC II.



## Influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024.

Influence of the incorporation of steel filings on the compressive strength of concrete, Ayabaca, 2024.



[Castillo-Jaramillo, Frescy Yacory<sup>1</sup>](#)



[Uría-Lara, Estrella Roussethe<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo, Piura – Perú.

Recibido: 27 Dic. 2024 | Aceptado: 28 Dic. 2024 | Publicado: 07 Ene. 2025

Autor de correspondencia\*: [fcastilloja@ucvvirtual.edu.pe](mailto:fcastilloja@ucvvirtual.edu.pe)

Cómo citar este artículo: Castillo-Jaramillo, F.Y. & Uría-Lara, E.R. (2024). Influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024. *Revista Científica Aypate*, 3(4), 110–131. <https://doi.org/10.57063/ricay.v3i4.120>.

### RESUMEN

La investigación realizada contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 y 12, fomentando ciudades sostenibles y producción responsable al emplear materiales reciclados. El objetivo fue determinar cómo las limaduras de acero afectan la resistencia a la compresión del concreto. El estudio, de tipo aplicado y diseño cuasi-experimental, utilizó un enfoque cuantitativo. La población abarcó concretos fabricados en Ayabaca, y la muestra incluyó 40 probetas divididas en cuatro grupos con porcentajes de limaduras de 0%, 4%, 6% y 8%. Los resultados mostraron un incremento significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando un máximo de 347 kg/cm<sup>2</sup> con el 8% de limaduras, lo que representa un aumento del 42.2% respecto al concreto sin adición. Estos hallazgos validaron que las limaduras de acero mejoran las propiedades mecánicas del concreto. Se concluyó que el uso de limaduras no solo optimiza el desempeño estructural del concreto, sino que también promueve la sostenibilidad mediante la reducción de residuos metálicos y costos, contribuyendo a la economía circular. Este enfoque innovador es una alternativa viable y ecológica para la construcción en áreas rurales.

**Palabras claves:** limaduras, acero, resistencia a la compresión, concreto.

### ABSTRACT

The research conducted contributes to Sustainable Development Goals (SDGs) 11 and 12, promoting sustainable cities and responsible production through the use of recycled materials. The objective was to determine how steel shavings affect the compressive strength of concrete. The study, applied in nature and with a quasi-experimental design, employed a quantitative approach. The population included concrete produced in Ayabaca, and the sample consisted of 40 test specimens divided into four groups with steel shavings percentages of 0%, 4%, 6%, and 8%. The results showed a significant increase in compressive strength, reaching a maximum of 347 kg/cm<sup>2</sup> with 8% steel shavings, representing a 42.2% increase compared to concrete without additives. These findings validated that steel shavings improve the mechanical properties of concrete. It was concluded that the use of steel shavings not only enhances the structural performance

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.



of concrete but also promotes sustainability by reducing metallic waste and costs, contributing to the circular economy. This innovative approach offers a viable and eco-friendly alternative for construction in rural áreas.

**Keywords:** shavings, steel, compressive strength, concrete.

## 1.INTRODUCCIÓN

La resistencia a la compresión del concreto es un pilar esencial en el desarrollo de infraestructuras seguras y sostenibles, especialmente en regiones con altos índices de construcción informal. La integración de materiales reciclados, como las limaduras de acero, representa una innovación importante para mejorar las propiedades mecánicas del concreto y avanzar hacia una infraestructura más ecológica. En el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, esta estrategia apoya el ODS 11, que promueve la creación de ciudades y comunidades sostenibles, y el ODS 12, enfocado en la producción y consumo responsables. En Ayabaca, Perú, donde el estudio se centra, la incorporación de estos residuos industriales no solo busca mejorar el rendimiento estructural del concreto, sino también reducir la cantidad de desechos industriales, minimizando así el impacto ambiental y optimizando el uso de recursos (Wan et al., 2023). Este enfoque demuestra que el reciclaje de materiales no solo es viable, sino necesario para construir un futuro más sostenible, especialmente en zonas con acceso limitado a materiales convencionales de alta calidad.

A nivel mundial, la industria de la construcción enfrenta el reto de reducir la huella ambiental del concreto, un material cuya producción genera una cantidad significativa de emisiones de dióxido de carbono. Estudios recientes han demostrado que los residuos de acero, si se gestionan adecuadamente, pueden mejorar las propiedades mecánicas del concreto, aumentando su resistencia y durabilidad, mientras se disminuye el uso de materiales vírgenes. Esta práctica se ha explorado en países con una gran producción de desechos industriales, donde se han desarrollado innovaciones para reutilizar estos residuos en la mezcla de concreto (Jahami et al., 2024). Esta tendencia es una respuesta al llamado global para reducir los desechos y avanzar hacia una economía circular, en la que se maximiza el uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida y se minimiza el impacto ambiental. En este sentido, la integración de residuos de acero en el concreto se ha convertido en un método viable para contribuir a la sostenibilidad en el sector de la construcción.

En Latinoamérica, la gestión de residuos de acero presenta complejidades importantes debido a la falta de infraestructura adecuada para su reciclaje. En países como Brasil y Colombia, se han implementado proyectos piloto que buscan integrar desechos metálicos en el concreto. Estos proyectos han permitido no solo reducir costos en la producción de concreto, sino también mejorar su resistencia a la compresión, lo cual es fundamental en la construcción de infraestructuras duraderas. Sin embargo, estos esfuerzos siguen siendo limitados y se enfrentan a la falta de políticas robustas que faciliten su implementación a gran escala en la región (Tilmatine et al., 2024). La falta de infraestructura y de marcos regulatorios sólidos para el reciclaje en Latinoamérica dificulta que esta práctica se convierta en una solución ampliamente adoptada, a pesar de sus evidentes beneficios para la sostenibilidad y la economía.

En Perú, el crecimiento urbano acelerado ha impulsado una demanda creciente de materiales de construcción de alto rendimiento, lo que genera un desafío para la gestión de residuos, particularmente los de origen industrial, como las limaduras de acero de la industria metalúrgica. La mayoría de estos residuos son desechados o subutilizados, lo cual representa una pérdida de recursos valiosos que podrían mejorar las propiedades del

concreto, como su resistencia y durabilidad. Estudios recientes sugieren que estos residuos pueden incorporarse en la mezcla de concreto, lo cual contribuiría a reducir la presión sobre los recursos naturales y a ofrecer una alternativa sostenible en la construcción (Correa & Núñez, 2023). No obstante, es necesario llevar a cabo más investigaciones a nivel local para validar la efectividad y viabilidad de esta práctica, lo cual impulsaría su adopción en un contexto peruano.

En la región de Piura, específicamente en Ayabaca, los altos índices de construcción informal reflejan la necesidad de desarrollar materiales de construcción que sean accesibles y de alta resistencia. La incorporación de limaduras de acero en el concreto podría mejorar significativamente su resistencia a la compresión, ofreciendo además una solución viable para gestionar los residuos industriales generados en la zona. Esto es particularmente relevante en áreas rurales como Ayabaca, donde los recursos y el acceso a materiales de construcción de alta calidad son limitados (Hinostroza, 2022). La implementación de este tipo de innovaciones no solo permitiría mejorar la calidad de las construcciones en estas zonas, sino que también contribuiría a la sostenibilidad ambiental y económica, al reducir la dependencia de materiales costosos y no reciclados.

En conclusión, el estudio de la incorporación de limaduras de acero en el concreto en Ayabaca es fundamental para afrontar los desafíos ambientales y estructurales presentes en la región. Esta técnica no solo tiene el potencial de mejorar la durabilidad y calidad de las infraestructuras, sino también de fomentar prácticas sostenibles en la gestión de residuos industriales. Los resultados de esta investigación podrían servir de base para otras regiones en Perú y América Latina, donde el reciclaje de desechos industriales en la construcción puede promover un modelo de economía circular. La urgencia de abordar estos problemas resalta la relevancia de este estudio, que contribuye a la resiliencia y sostenibilidad de las infraestructuras en zonas de alta vulnerabilidad económica y ambiental.

Posterior al análisis desarrollado de la problemática tenemos que se planteó el siguiente problema general: ¿Cuál es la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024? y los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son las características físicas de los agregados para la elaboración del concreto?, ¿Existe variación de la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de limaduras de acero?, ¿Cuál es el porcentaje de limaduras de acero con el que obtienes mejores resultados?.

La incorporación de limaduras de acero en el concreto responde a la urgente necesidad de reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción, uno de los mayores generadores de emisiones de carbono y residuos sólidos, es por esta razón que la investigación tiene una justificación vista desde diferentes connotaciones. En el aspecto socio ambiental, el reciclaje de limaduras de acero, un subproducto industrial, permite no solo mejorar las propiedades del concreto, sino también mitigar el problema de la acumulación de residuos metálicos. Este enfoque se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente el ODS 11, que aboga por ciudades sostenibles, y el ODS 12, que promueve el consumo y la producción responsables. Además, la reutilización de estos residuos ayuda a proteger el entorno local de Ayabaca, reduciendo la dependencia de materiales vírgenes y limitando la extracción de recursos naturales, lo cual es particularmente relevante en zonas rurales con ecosistemas frágiles.

Desde una perspectiva económica, el uso de limaduras de acero en la producción de concreto tiene el potencial de reducir los costos de construcción. La sustitución parcial de agregados vírgenes por materiales reciclados, como las limaduras de acero, disminuye la dependencia de recursos naturales costosos y mejora la accesibilidad económica del

concreto de alta resistencia. Según estudios recientes, esta práctica también puede reducir costos asociados con la gestión de residuos industriales, favoreciendo una economía circular que maximiza la utilidad de cada recurso. Esta estrategia resulta especialmente beneficiosa en contextos como Ayabaca, donde las limitaciones económicas imponen desafíos en el acceso a materiales de construcción de alta calidad, permitiendo a su vez el desarrollo de infraestructura más asequible y sostenible.

Desde el punto de vista tecnológico, la investigación sobre el uso de limaduras de acero en concreto permite explorar nuevas técnicas de optimización de materiales para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, especialmente en cuanto a resistencia a la compresión. El desarrollo de tecnologías que integren estos subproductos industriales en el concreto puede conducir a la producción de materiales de construcción avanzados que ofrezcan mayor durabilidad y sostenibilidad. Este enfoque se alinea con tendencias tecnológicas internacionales que buscan reducir el impacto de la construcción mediante materiales innovadores y prácticas sostenibles, incrementando así la competitividad de la industria a nivel regional y global.

Metodológicamente, esta investigación contribuirá a estandarizar el proceso de incorporación de limaduras de acero en mezclas de concreto, proporcionando un modelo replicable que pueda ser adaptado a diferentes contextos. La evaluación de variables como la dosificación óptima de las limaduras de acero y sus efectos sobre la resistencia a la compresión permitirá establecer parámetros claros y específicos para su implementación en el campo de la construcción. Esto es esencial para lograr resultados consistentes y replicables en estudios futuros, mejorando la confiabilidad y precisión de la aplicación de estos materiales reciclados en proyectos constructivos.

Teóricamente, la investigación aporta al conocimiento sobre la relación entre el uso de materiales reciclados y las propiedades mecánicas del concreto, ampliando la comprensión de cómo los desechos industriales pueden transformarse en recursos valiosos. La incorporación de limaduras de acero en el concreto ofrece una base científica sólida para explorar el impacto de estos residuos en la resistencia a la compresión y la durabilidad estructural, factores cruciales en el desarrollo de infraestructura segura y sostenible. Esta investigación responde a la creciente literatura científica que respalda el reciclaje de materiales en la construcción, y puede servir como referencia para estudios futuros que busquen alternativas sostenibles en la industria.

Luego de analizar la problemática que se da en nuestro país se planteó el siguiente objetivo general: determinar la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024, y también como objetivos específicos: determinar las características físicas de los agregados para la elaboración del concreto, analizar la variación de la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de limaduras de acero y determinar el porcentaje de limaduras de acero con el que obtienes mejores resultados.

Dentro de los antecedentes revisados para tener un mejor conocimiento de los procedimientos, así como de las variables de estudio tenemos a Wang et al. (2024) quienes buscaron investigar las propiedades de compresión axial de columnas de concreto de alta resistencia con tubos de acero delgados y reforzados en forma de cruz tras exposición al fuego. Para ello, se incorporaron nervaduras de refuerzo de acero en el diseño tradicional, con el fin de retrasar el pandeo del tubo y mejorar el confinamiento del concreto. Se evaluaron parámetros experimentales como el tiempo de calentamiento, la relación ancho-espesor y el espaciamiento longitudinal de los refuerzos. Se prepararon un espécimen a temperatura ambiente y ocho sometidos a condiciones de fuego para medir curvas de temperatura-tiempo, carga-desplazamiento y deformación bajo carga

axial. Los modos de falla fueron registrados y se analizó la influencia de cada parámetro en las propiedades mecánicas post-incendio. Utilizando el software ABAQUS, se desarrolló y validó un modelo que permitió estudiar el mecanismo subyacente y realizar un análisis paramétrico. Finalmente, se propuso una ecuación simplificada para predecir la capacidad de carga residual tras la exposición al fuego, con un error promedio de 0.925 y un error cuadrático medio de 0.085.

Otro aporte es el de Garg (2022), quien tuvo como objetivo de su investigación el evaluar la durabilidad del concreto elaborado con limaduras de acero como reemplazo del agregado fino. Las limaduras de acero, derivadas de procesos de molienda, afilado y corte en talleres mecánicos y fábricas, suelen desecharse en vertederos, ríos y océanos, lo que aumenta la contaminación. Para reducir este impacto, se propone su reutilización en la construcción. En el estudio se emplearon distintos niveles de reemplazo de limaduras en el concreto: 0%, 10%, 20%, 30% y 40%. Después de una curación normal de 28 días, se evaluaron muestras cúbicas para determinar su durabilidad. Se observó que la trabajabilidad y el asentamiento del concreto disminuyen cuando el porcentaje de limaduras supera el 40%. Además, la absorción de agua aumentó con mayores porcentajes de limaduras, y las pruebas de sorptividad indicaron un incremento en la capilaridad debido a la mayor porosidad del concreto. Este tipo de concreto podría emplearse en pavimentos y estacionamientos, permitiendo la infiltración de agua y facilitando la recarga de acuíferos.

Marrok et al. (2024), mencionan que los desechos metálicos industriales son un tema central en la investigación en ingeniería civil, impulsándonos a utilizarlos como materiales de construcción. El concreto de arena de flujo alto (HFSC) es económico, tiene propiedades mecánicas aceptables y alta trabajabilidad. Sin embargo, presenta el inconveniente de desarrollar fisuras, las cuales pueden reducirse con la incorporación de fibras. Para maximizar sus beneficios, se utilizaron virutas de acero inoxidable, específicamente la fibra de acero inoxidable 316L (SSF-316L). Las muestras de HFSC fueron reforzadas con SSF-316L en dosis de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00%, 1.50% y 2.00% del volumen de concreto durante 90 días. En el estudio, se realizaron pruebas para evaluar la influencia de SSF-316L en tres propiedades: físicas, mecánicas y de durabilidad. Entre las pruebas físicas se evaluaron contenido de aire, asentamiento y densidad; en propiedades mecánicas, se realizaron ensayos de compresión, flexión y tracción; y en durabilidad, los especímenes se expusieron a ácidos y sulfatos. Los resultados demostraron una mejora relativa en estas tres propiedades.

Smith (2023), nos dice que el concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo, aunque constantemente surgen métodos innovadores que amplían sus aplicaciones y viabilidad. Sin embargo, el concreto carece de resistencia adecuada a la flexión y tracción. Estudios previos han mostrado intentos exitosos para mejorar sus propiedades mecánicas mediante la incorporación de diversos aditivos y métodos. Este estudio evalúa los cambios en la resistencia a la flexión y compresión del concreto al implementar aluminio como agente de refuerzo. Para evaluar el potencial completo del aluminio, se probó en conjunto y de manera aislada del refuerzo de acero. Los resultados muestran un aumento en la resistencia a compresión del 33.7% con pequeñas cantidades de virutas de aluminio. La resistencia a la flexión posterior a la falla de la viga de concreto aumentó en un 153%. Aunque pequeñas cantidades de aluminio resultaron beneficiosas, cantidades mayores generaron efectos negativos. Además, la trabajabilidad y consolidación del concreto se vieron afectadas al introducir aluminio en la mezcla.

Ekop et al. (2022), investigó comparativamente las características de resistencia y la

trabajabilidad del concreto al reemplazar parcialmente el agregado fino natural con partículas de vidrio y limaduras de hierro. El agregado fino fue sustituido en proporciones de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% por partículas de vidrio y limaduras de hierro, con una relación agua-cemento de 0.55. Los resultados mostraron que un aumento en el porcentaje de limaduras de hierro redujo el asentamiento y la trabajabilidad del concreto, mientras que un incremento en el contenido de partículas de vidrio aumentó estos valores. El concreto con un reemplazo del 20% de arena por limaduras de hierro y partículas de vidrio alcanzó la resistencia óptima. Además, las muestras de concreto con partículas de vidrio mostraron un aumento constante en la resistencia a la flexión en todos los niveles de reemplazo. El uso de limaduras de hierro y partículas de vidrio en la producción de concreto favorece la preservación de los recursos naturales y la gestión de residuos.

De acuerdo al estudio de Djebri et al. (2022), indican que concreto autocompactante (SCC) ofrece una alternativa innovadora en la industria del concreto para minimizar el impacto ambiental y reducir costos. Su aplicación sin vibración reduce considerablemente la contaminación acústica en áreas urbanas y facilita su uso en zonas de difícil acceso o con geometrías complejas, además de optimizar la calidad del concreto y disminuir el tiempo y costos de instalación. Las virutas de metal generadas en la modificación de piezas metálicas plantean problemas de contaminación y almacenamiento; sin embargo, su reciclaje en la construcción es una opción sostenible. En un estudio experimental, se analizaron las propiedades del SCC con una adición de virutas de metal, tanto en estado fresco (fluidez, estabilidad en L-box y tamizado) como en estado endurecido (resistencia a la compresión y velocidad de pulso ultrasónico). Con una dosificación del 0.5% del volumen total, los resultados indican que las virutas mejoran la resistencia a la compresión sin afectar la autocompactabilidad del SCC, validando su utilidad como aditivo en aplicaciones concreta.

Según Sathyanarayana y Padmapriya (2021), quienes realizaron un estudio donde se analiza el impacto del uso de arena manufacturada (M-sand) en lugar de arena natural (N-sand) y limaduras de hierro como parte del volumen de cemento para mejorar la elasticidad del material de la matriz. El concreto, un material compuesto creado en la antigüedad con fines de construcción, contiene un 30% de su volumen en agregado fino, extraído comúnmente de ríos, lagos y canales, lo que genera graves problemas ambientales como la erosión de suelos. La investigación tiene como objetivo evaluar la viabilidad de materiales alternativos a la arena natural. Para ello, se reemplazó la arena natural por arena manufacturada, obtenida al triturar piedra basáltica, en proporciones del 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en concreto de grado M25. Adicionalmente, se añadieron limaduras de hierro en porcentajes del 0%, 2%, 4%, 6%, 8% y 10% del volumen total de concreto. Los resultados mostraron la efectividad de estos materiales alternativos en mejorar las propiedades estructurales del concreto sin comprometer su rendimiento.

De acuerdo al estudio de Ofuyatan et al. (2019), el uso de fibras en la producción de concreto no solo resuelve el problema de la disposición de estos desechos sólidos, sino que también ayuda a conservar los recursos naturales. Este estudio investigó el efecto de las virutas de aluminio de desecho en la resistencia de adherencia del concreto laterizado. Se prepararon vigas de concreto laterizado empalmadas. Se fabricaron quince especímenes con barras de 16 mm y 20 mm de diámetro, añadiendo virutas de aluminio en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% en volumen; además, se elaboraron otros diez especímenes sin adición de virutas de aluminio como grupo control. Se prepararon cubos de concreto para cada conjunto de porcentajes variados de virutas de aluminio, utilizando

tres cubos de cada conjunto para determinar la resistencia del concreto. El análisis mostró que la resistencia a la compresión disminuyó a medida que aumentó el porcentaje de virutas de aluminio, mientras que dichas virutas incrementaron la adherencia entre el concreto y el acero. La resistencia de adherencia de las barras de 16 mm fue mayor que la de las barras de 20 mm en todos los especímenes evaluados.

Por otro lado, se tuvo que revisar la literatura, es así que como variable independiente tenemos a las limaduras de acero, pero para poder empezar, se debe definir al acero, el cual es un material ampliamente utilizado en la construcción debido a sus propiedades mecánicas sobresalientes, especialmente en términos de resistencia y ductilidad. Este material se caracteriza por su alta capacidad de soporte de cargas, resistencia a la tracción y flexibilidad, lo que lo convierte en un componente esencial en estructuras que requieren durabilidad y capacidad para soportar tensiones elevadas. En la industria del concreto, el acero se emplea como refuerzo debido a su capacidad para trabajar en conjunto con el concreto y compensar sus limitaciones en cuanto a resistencia a la tracción, mejorando así las propiedades estructurales del compuesto final. La adición de acero en forma de fibras, limaduras o barras ayuda a controlar el agrietamiento, incrementar la resistencia a la compresión y reducir la deformación bajo carga (Pereira-Barceló et al, 2024). Recientes estudios han explorado el potencial del acero reciclado y de sus desechos en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, especialmente para aumentar su resistencia y prolongar la vida útil de las estructuras (Mohammad et al., 2024).

Por otro lado, las limaduras de acero son un subproducto del procesamiento de metales, han ganado interés en la industria de la construcción debido a su potencial para mejorar las propiedades mecánicas del concreto y reducir el impacto ambiental asociado con los desechos industriales. Estas partículas finas de acero se producen durante actividades de corte, fresado y pulido en talleres y fábricas, y suelen ser desechadas sin un aprovechamiento adecuado, lo que contribuye a la acumulación de residuos sólidos en vertederos y ecosistemas naturales. Su incorporación en concreto, como reemplazo parcial de agregados o refuerzo adicional, puede mejorar la resistencia a la compresión y la durabilidad, ya que las partículas de acero interactúan con la matriz de concreto para reducir la microfisuración bajo carga y aumentar la densidad del material (Liu et al., 2020) Recientes estudios han demostrado que las limaduras de acero, cuando se integran en porcentajes óptimos, pueden mejorar significativamente la resistencia estructural del concreto sin comprometer su trabajabilidad. Además, este uso innovador representa una estrategia de economía circular, promoviendo la reutilización de desechos industriales en lugar de recurrir a materiales vírgenes, lo que contribuye a la sostenibilidad en la construcción (Alikhani y Latifi, 2022) Es así que el uso de limaduras de acero en el concreto no solo mejora las propiedades mecánicas, sino que también ofrece una solución ecológica para la gestión de residuos industriales, por lo tanto, incorporar limaduras de acero en el concreto no solo ofrece beneficios estructurales, sino que también ayuda en la gestión de residuos industriales, proporcionando una solución sostenible para la reutilización de subproductos del acero

En cuanto a la variable dependiente, la resistencia a la compresión es una de las propiedades mecánicas más importantes del concreto, ya que determina su capacidad para soportar cargas aplicadas sin experimentar fallas estructurales. Esta característica se mide a través de la aplicación de una carga gradual sobre una muestra cúbica o cilíndrica hasta su ruptura, expresando el valor máximo soportado en términos de fuerza por unidad de área (MPa). La resistencia a la compresión depende de múltiples factores, como la calidad de los agregados, la proporción de agua-cemento, y el tipo y cantidad de aditivos y refuerzos utilizados en la mezcla. El uso de materiales adicionales, como fibras o

limaduras de acero, ha demostrado mejorar esta propiedad al incrementar la densidad de la matriz del concreto y reducir la propagación de microfisuras bajo cargas elevadas (Gorji et al., 2024)

En los últimos años, la investigación ha explorado el uso de desechos industriales y fibras para mejorar las propiedades mecánicas del concreto de manera sostenible. La incorporación de materiales de desecho, como limaduras de acero, presenta una doble ventaja: no solo mejora la resistencia a la compresión, sino que también permite una gestión de residuos más sostenible al reutilizar subproductos industriales. Al actuar como micro-refuerzos, las limaduras de acero pueden mejorar la cohesión de la mezcla y disminuir la susceptibilidad del concreto a la formación de fisuras bajo cargas compresivas, lo que se traduce en un aumento de la durabilidad y una mayor capacidad de carga (Yan y Tan, 2023).

Los estudios recientes también sugieren que el uso de fibras metálicas, como el acero, en distintas formas y tamaños, permite mejorar las propiedades de resistencia del concreto en comparación con materiales convencionales. Al distribuirse de manera homogénea en la mezcla, las fibras actúan como una barrera que detiene o desvía las microfisuras, evitando su propagación y posterior coalescencia en fisuras mayores. Esta acción mejora la resistencia general del material, especialmente cuando se expone a esfuerzos compresivos cíclicos o elevados. En el contexto de la sostenibilidad y la economía circular, el uso de limaduras de acero como refuerzo no solo ofrece ventajas mecánicas, sino que también reduce la necesidad de materiales vírgenes, disminuyendo el impacto ambiental de la construcción (Ali et al., 2024).

Es así que hay que tener en cuenta que la resistencia a la compresión es un indicador clave en aplicaciones estructurales, ya que garantiza que el concreto pueda resistir las fuerzas aplicadas sin comprometer la estabilidad del sistema (Wan et al., 2024). La implementación de limaduras de acero en el concreto podría ser especialmente beneficiosa en diferentes regiones, donde la necesidad de materiales duraderos y accesibles es primordial. Esta estrategia de adición de refuerzos no solo permite optimizar el desempeño mecánico del concreto, sino también abordar problemáticas ambientales a través de la reutilización de residuos metálicos.

Finalmente, como respuesta a los problemas planteados se tienen las siguientes hipótesis: H0: no existe influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024 y H1: la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024 es significativa, como hipótesis generales y también nuestras hipótesis específicas: en el caso de la hipótesis específica 1, no aplica, para la hipótesis específica 2 tenemos: conforme aumenta el porcentaje de limaduras de acero, aumenta la resistencia a la compresión del concreto, para el objetivo específico 3, tenemos: el porcentaje de limaduras de acero con el que se obtiene mejores resultados es el 8%. Materiales y métodos.

Detalla los procedimientos, técnicas, equipos y metodologías utilizados para llevar a cabo el estudio, permitiendo la replicación de los resultados.

## 2. METODOLOGÍA

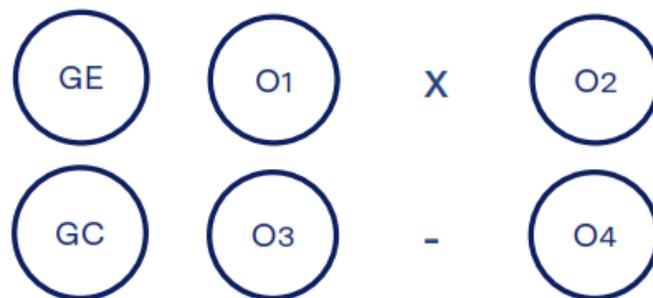
La investigación realizada es de tipo aplicada y experimental, con un diseño cuasi experimental y un enfoque cuantitativo. La finalidad de la investigación aplicada es proporcionar soluciones prácticas para problemas específicos, abordando retos concretos

que son relevantes en un contexto determinado; en lugar de generar teorías generales, el enfoque aplicado se enfoca en desarrollar conocimientos útiles que puedan aplicarse directamente a situaciones reales (Baimyrzaeva, 2018). El método experimental implica manipular y controlar variables independientes para evaluar su efecto en una variable dependiente, permitiendo así resolver problemas prácticos y generar hallazgos útiles para el contexto real (Neumark, 2018).

Esta investigación sigue un enfoque cuantitativo, ya que se centró en la recopilación y análisis de datos numéricos y medibles. A través de herramientas como formatos y pruebas, se obtuvieron datos que fueron procesados estadísticamente, lo cual permitió una interpretación objetiva de las relaciones entre variables y facilitó la identificación de patrones y tendencias (Bloomfield y Fisher, 2019). El nivel de análisis fue descriptivo causal. El diseño cuasi experimental se caracteriza por la manipulación controlada de variables independientes, junto con la creación de grupos de control y experimentales para comparar resultados y determinar el impacto de las variables independientes sobre la dependiente (Perugini et al., 2018).

### Figura 1.

*Diseño cuasi experimental*



Donde:

**GE:** grupo experimental

**GC:** grupo control

**X:** estímulo

**-:** ausencia de estímulo

**O1 y O3:** observaciones de la variable dependiente pre estímulo.

**O2 y O4:** observaciones de la variable dependiente post estímulo

En el caso de las variables, se tiene una variable independiente: incorporación de limaduras de acero, la cual se define como la cantidad de limaduras de acero que pasa el tamiz N°4 y se retiene en el tamiz N°200 y se adicionará a mezclas de concreto en diferentes porcentajes, esta tiene como dimensiones el porcentaje en peso; así mismo posee, una variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto, que es la fuerza que soporta el concreto por unidad de área, y a la vez tiene como dimensiones la resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>

La población fue infinita y estuvo conformada todos los concretos con y sin limaduras de acero elaborados en la provincia de Ayabaca en el año 2024; a la vez, la muestra a estudiar se conformó por 40 probetas, las cuales se dividieron de acuerdo a la adición de limaduras de acero en porcentajes de 0, 4, 6 y 8%, en el caso del 0% de adición, se toma como el grupo control, la cantidad de la muestra se obtuvo mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, la cual se trata de una técnica de muestreo en la que el investigador selecciona las muestras según su propio juicio, en vez de recurrir a un proceso de selección aleatoria (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018)

En este estudio, se emplearon tanto la observación y el uso de diversos instrumentos mecánicos y electrónicos como técnicas de recolección de datos. La observación es una técnica clave en la investigación científica, valorada ampliamente entre sociólogos y estudiosos de la naturaleza debido a su capacidad de capturar detalles específicos y contextuales. Este método se basa en la recopilación cuidadosa y detallada de información mediante la observación directa y el registro sistemático de eventos en su ambiente original, sin influir o modificar las condiciones naturales. Gracias a esta aproximación, es posible alcanzar una comprensión exhaustiva de los fenómenos investigados, revelando matices que otros métodos podrían no detectar (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Paralelamente, los instrumentos mecánicos y electrónicos utilizados proporcionaron datos precisos en los distintos ensayos realizados, garantizando así la exactitud y confiabilidad de los resultados obtenidos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Los instrumentos de recolección de datos, en este caso formatos, se basaron en formatos adaptados a las normativas específicas del estudio, los cuales fueron validados por un laboratorio externo. Estos procedimientos contaron con la supervisión de ingenieros expertos, quienes monitorearon cada etapa bajo un marco normativo establecido, asegurando la rigurosidad técnica. Además, estos formatos se diseñaron conforme a las normas técnicas pertinentes, en este caso la ASTM C39, que establece los requisitos para rotura a la compresión de cilindros de concreto. Esta validación y conformidad normativa añadieron un alto nivel de fiabilidad tanto a los procedimientos como a los resultados obtenidos, consolidando la calidad del estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Después de la recolección de datos, se procedió a su análisis mediante herramientas de estadística descriptiva, presentando los resultados en tablas y figuras. Además, se emplearon métodos de estadística inferencial para validar las hipótesis, se aplicó un ANOVA unidireccional, seguido de la prueba post hoc de Tukey para identificar diferencias significativas entre grupos y validar la hipótesis planteada. Para el procesamiento de datos se utilizó Microsoft Excel, mientras que el análisis estadístico se realizó en el software IBM SPSS versión 25.

En cuanto a los aspectos éticos, se llevó a cabo una recopilación de datos rigurosa y confiable, respetando los códigos éticos de investigación de la Universidad César Vallejo y de organismos internacionales relevantes. Durante todo el desarrollo del estudio, se promovieron los principios éticos de beneficencia y no maleficencia; los resultados arrojaron recomendaciones para mejorar la calidad del concreto, lo que podría tener efectos positivos en la región de estudio y, potencialmente, en la ciudad entera. La investigación también cumplió con el principio de autonomía, ya que las variables, operacionalización y metodología aplicadas son propias del investigador, aunque se ha hecho referencia a estudios previos y artículos relevantes que se citarán en este trabajo. Asimismo, este proyecto se consideró original en su enfoque y características específicas. Para garantizar la autenticidad y precisión, todas las fuentes utilizadas fueron citadas debidamente, y el software Turnitin se empleó para asegurar la transparencia y el uso responsable de la información.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. OE1: Determinar las características físicas de los agregados para la elaboración del concreto

Para dar cumplimiento a este objetivo, se tuvo que realizar la caracterización de los agregados mediante ensayos granulométricos, peso específico, absorción, densidad, etc.

#### Granulometría agregado fino

**Tabla 1.**

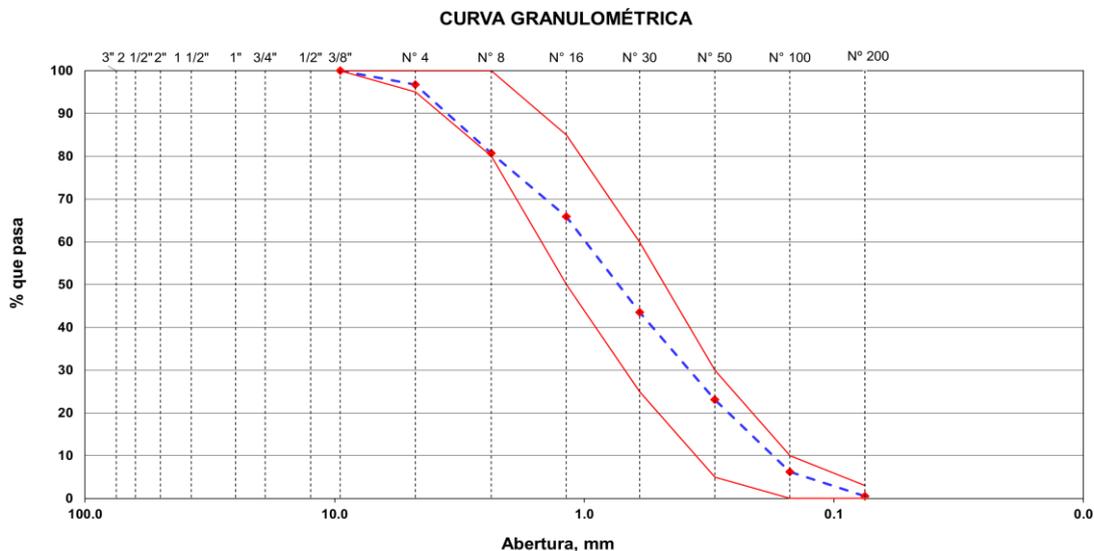
*Prueba granulométrica del agregado fino*

Peso Inicial Seco (gr)	846.90	AGREGADO FINO					
Peso Lavado y Seco (gr)	794.30						
ABERTURA (mm)	TAMIZ	RETENIDO MATERIAL (gr)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	% PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
9.500	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
4.750	N° 4	27.30	3.22	3.22	96.78	95	100
2.360	N° 8	135.70	16.02	19.25	80.75	80	100
1.180	N° 16	125.80	14.85	34.10	65.90	50	85
0.600	N° 30	189.40	22.36	56.46	43.54	25	60
0.300	N° 50	173.20	20.45	76.92	23.08	5	30
0.150	N° 100	142.90	16.87	93.79	6.21	0	10
0.075	N° 200	48.20	5.69	99.48	0.52	0	3
	FONDO	4.40	6.21	100.00			

**Fuente.** Datos obtenidos en laboratorio, 2024

**Figura 2.**

*Curva granulométrica del agregado fino*



## Granulometría agregado grueso

**Tabla 2.**

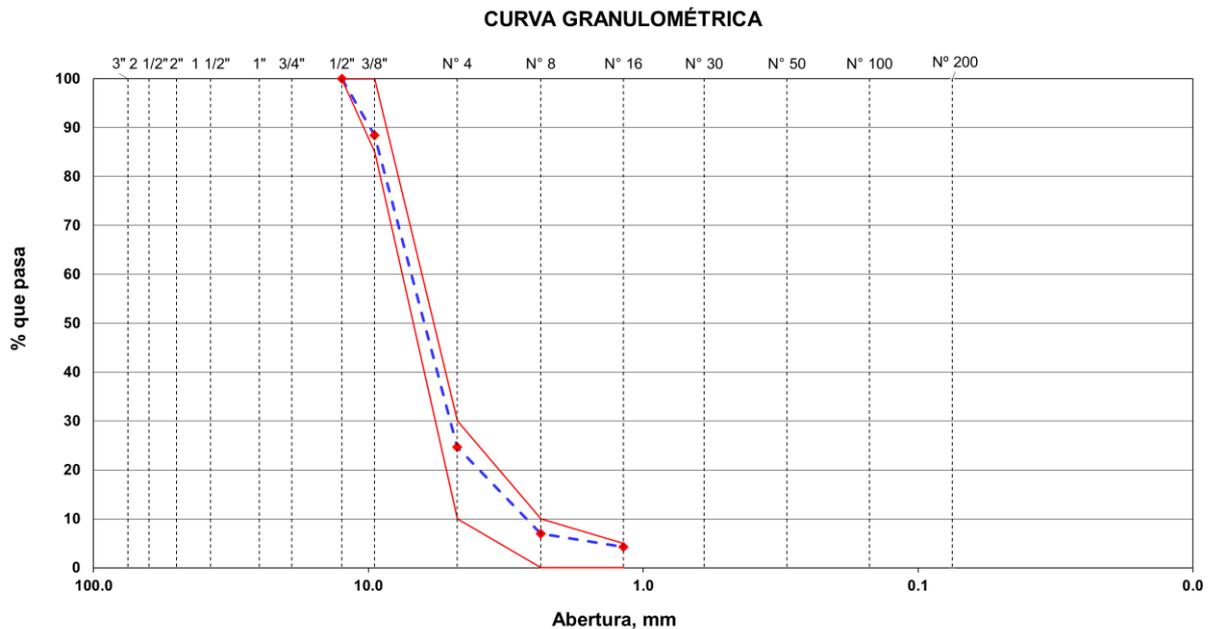
*Prueba granulométrica del agregado grueso*

ABERTURA (mm)	TAMIZ	RETENIDO MATERIAL (gr)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	% PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
Peso Inicial Seco (gr)		1532.00		<b>AGREGADO GRUESO (HUSO AG-8)</b>			
Peso Lavado y Seco (gr)		1514.00					
12.500	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
9.500	3/8"	177.50	11.59	11.59	88.41	85	100
4.750	N° 4	976.40	63.73	75.32	24.68	10	30
2.360	N° 8	271.80	17.74	93.06	6.94	0	10
1.180	N° 16	41.60	2.72	95.78	4.22	0	5
	FONDO	64.70	4.22	100.00			

**Fuente.** Datos obtenidos en laboratorio, 2024

**Figura 3.**

*Curva granulométrica del agregado grueso*



## Resultados caracterización

**Tabla 3.**

*Ensayos realizados*

	Agregado fino	Agregado grueso
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.662	2.635
Peso unitario suelto seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.622	1.496
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> )	1.824	1.659
Absorción (%)	1.51	0.64
Humedad (%)	2.6	0.2

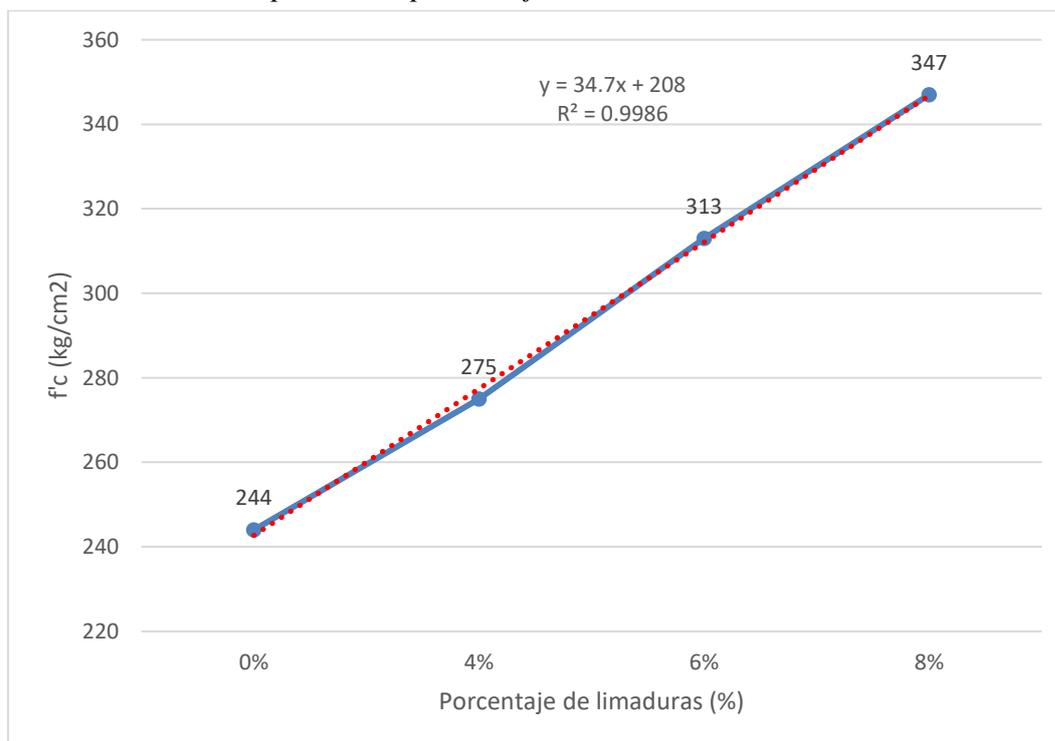
Fuente: Datos obtenidos en laboratorio, 2024

En las tablas y figuras previas, se presenta la granulometría del agregado fino y del agregado grueso. Las curvas granulométricas obtenidas demuestran que la distribución de tamaños es apropiada para la elaboración de concreto.

### 3.2. OE2: analizar la variación de la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de limaduras de acero

**Figura 4.**

*Resistencia a la compresión vs porcentaje de limaduras de acero*



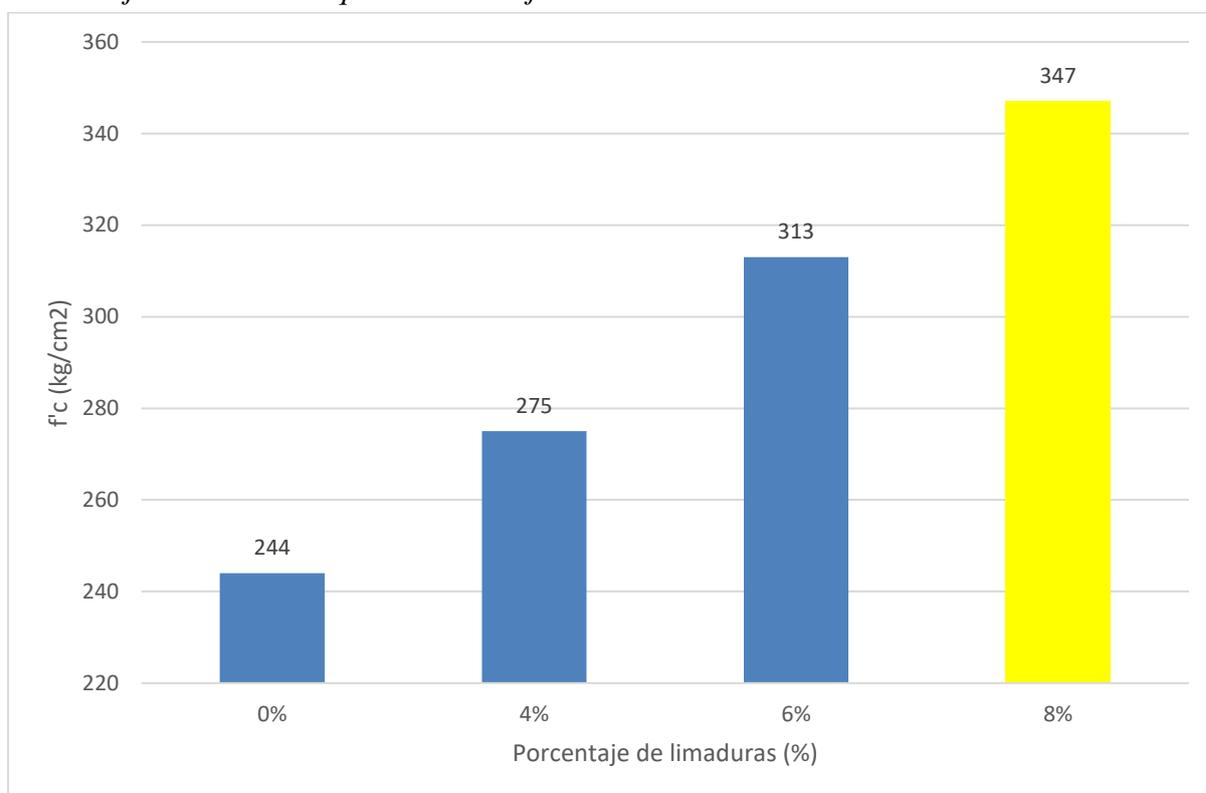
La figura 4 muestra la relación entre la resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) y el porcentaje de incorporación de limaduras de acero, donde se observa un comportamiento lineal creciente descrito por la ecuación  $y = 34.7x + 208$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9986$ , lo que indica un ajuste casi perfecto entre los datos experimentales y el modelo lineal. En el grupo control (0% de limaduras de acero), la resistencia a la compresión es de 244 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar

un 4% de limaduras de acero, la resistencia aumenta a 275 kg/cm<sup>2</sup>, representando un incremento del 12.7% respecto al grupo control. Con un 6% de limaduras, la resistencia sube a 313 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando un aumento del 28.3% en comparación con el concreto sin adiciones. Finalmente, con un 8% de limaduras de acero, la resistencia alcanza 347 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale a un incremento del 42.2% respecto al 0%. Esto sugiere que las limaduras de acero actúan como un refuerzo efectivo, incrementando la capacidad de carga del material. Luego de observar la figura se da como aceptada la hipótesis planteada que dice que conforme aumenta el porcentaje de limaduras de acero, aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

### 3.3. OE3: determinar el porcentaje de limaduras de acero con el que obtienes mejores resultados

#### Figura 5.

Porcentaje de limaduras que obtiene mejores resultados

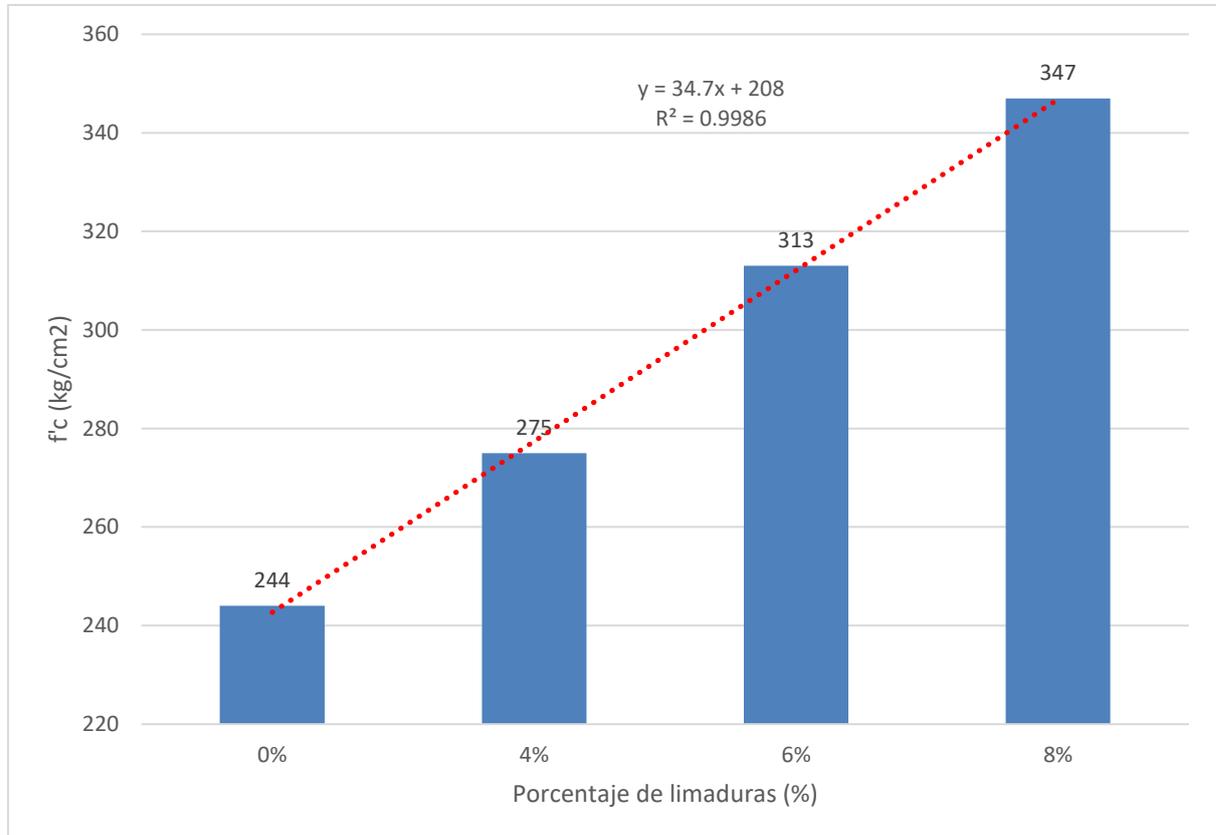


La figura 5 muestra cómo la resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) varía en función del porcentaje de incorporación de limaduras de acero, identificando el porcentaje óptimo para obtener los mejores resultados. En el grupo control (0% de limaduras de acero), la resistencia a la compresión es de 244 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar un 4% de limaduras de acero, la resistencia aumenta a 275 kg/cm<sup>2</sup>, con un 6% de limaduras, la resistencia alcanza 313 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente, al adicionar un 8% de limaduras, la resistencia a la compresión llega a su valor máximo de 347 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale a un incremento del 42.2% respecto al grupo control. El análisis indica que el porcentaje de 8% de limaduras de acero es el que genera los mejores resultados, maximizando la resistencia a la compresión del concreto. Este resultado confirma que la incorporación de limaduras de acero tiene un efecto positivo en las propiedades mecánicas del concreto, con incrementos significativos a medida que aumenta el porcentaje hasta alcanzar este óptimo, es así que al observar la figura 4, se da por aceptada la hipótesis planteada para este objetivo: el porcentaje de limaduras de acero con el que se obtiene mejores resultados es el 8%.

### 3.4. OG: determinar la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024

**Figura 6.**

*Influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto*



La figura 6 muestra la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, evidenciando una relación directamente proporcional entre el porcentaje de limaduras y la resistencia lograda. El análisis estadístico, respaldado por el modelo lineal ( $y=34.7x+208$ ) con un coeficiente de determinación ( $R^2=0.9986$ ), confirma una correlación casi perfecta entre la cantidad de limaduras y la resistencia. Estos resultados evidencian que la incorporación de limaduras de acero mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto, siendo el 8% el porcentaje óptimo para maximizar su resistencia a la compresión, contribuyendo a una alternativa eficiente y sostenible en la construcción.

#### **Prueba de hipótesis:**

Para realizar la prueba de hipótesis, se procedió a aplicar el ANOVA unidireccional con una significancia inicial de 0.05 ( $\alpha$ ) obteniendo significancia luego de la prueba (valor p) de 0,000; al observar que valor  $p < \alpha$  entonces se rechaza la hipótesis nula, así mismo en la prueba de Tukey se observan que todos los grupos evaluados han generado un subconjunto para cada uno, es decir que si existe una diferencia significativa entre todos los grupos evaluados, es por esta razón que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna H1: la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, Ayabaca, 2024 es significativa.

**Tabla 4.**  
*ANOVA para resistencia a la compresión*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	59004,875	3	19668,292	1323,721	,000
Dentro de grupos	534,900	36	14,858		
Total	59539,775	39			

**Tabla 5.**  
*Tukey para resistencia a la compresión*

Porc_limaduras	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0%	10	244,4000			
4%	10		275,0000		
6%	10			311,7000	
8%	10				346,6000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño para los grupos de la media armónica = 10,000.

#### 4. DISCUSIÓN

El objetivo específico 1 fue determinar las características físicas de los agregados destinados a la elaboración del concreto, mediante ensayos granulométricos, peso específico, absorción y densidad. Los resultados obtenidos evidenciaron que la granulometría del agregado fino cumple con los límites establecidos por la norma ASTM C33, con una adecuada distribución de tamaños, garantizando así la trabajabilidad del concreto. El agregado grueso también presentó una distribución granulométrica óptima, con un tamaño nominal ajustado a los requerimientos normativos, contribuyendo a la resistencia estructural del material. El análisis de las propiedades físicas reveló que el peso específico del agregado fino fue de 2.662 g/cm<sup>3</sup>, mientras que el del agregado grueso fue ligeramente inferior, de 2.635 g/cm<sup>3</sup>. La absorción registrada fue de 1.51% para el agregado fino y 0.64% para el grueso, valores que se encuentran dentro de los límites permisibles según la ASTM C33, indicando un comportamiento estable frente a la humedad. Estos datos sugieren que los agregados son aptos para la mezcla de concreto sin riesgos significativos de segregación o pérdida de trabajabilidad. Al comparar estos resultados con antecedentes como el de Garg (2022), quien investigó el impacto de limaduras de acero en concreto, se observa coherencia en la influencia positiva de un agregado bien caracterizado sobre las propiedades del concreto. Garg reportó que la granulometría y absorción del agregado reciclado impactan directamente la trabajabilidad y la durabilidad del concreto. Por otro lado, Wang et al. (2024) destacaron que la adecuación de las propiedades físicas del agregado es crucial para garantizar el confinamiento y la resistencia post-incendio en sistemas compuestos. Además, Djebri et al. (2022) confirmaron que las adiciones metálicas en concreto autocompactante mejoraron su resistencia a compresión, resaltando la importancia de un agregado consistente y de calidad. Estos antecedentes corroboran la relevancia de caracterizar

adecuadamente los agregados para predecir y optimizar el desempeño del concreto. La adecuación de los agregados a las especificaciones normativas asegura que el concreto resultante cumplirá con los estándares de calidad y resistencia requeridos, promoviendo su aplicación en proyectos constructivos exigentes. Este análisis crítico resalta la importancia de adherirse a normas reconocidas como la ASTM C33, no solo para cumplir requisitos técnicos, sino también para fomentar prácticas constructivas sostenibles y eficaces.

El objetivo de este análisis fue determinar la variación en la resistencia a la compresión del concreto en función del porcentaje de limaduras de acero incorporadas en la mezcla. Los resultados obtenidos muestran un comportamiento lineal creciente, descrito por la ecuación  $y=34.7x+208$ , con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.9986, lo que indica una relación altamente consistente entre los datos experimentales y el modelo lineal ajustado. En el grupo control, sin limaduras de acero, se obtuvo una resistencia de 244 kg/cm<sup>2</sup>. Al incorporar un 4% de limaduras, la resistencia aumentó a 275 kg/cm<sup>2</sup>, representando un incremento del 12.7%. Con un 6% de limaduras, la resistencia alcanzó 313 kg/cm<sup>2</sup>, un aumento del 28.3% en comparación con el grupo control.

Finalmente, con un 8%, la resistencia se elevó a 347 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente a un incremento del 42.2%. Estos resultados confirman la hipótesis inicial, que planteaba que la adición de limaduras de acero incrementa significativamente la resistencia a la compresión del concreto. Al contrastar estos hallazgos con los antecedentes revisados, Garg (2022) reportó que las limaduras de acero, cuando se emplean como reemplazo parcial de agregados finos, mejoran propiedades como la resistencia y la durabilidad del concreto, aunque con limitaciones en la trabajabilidad al superar ciertos porcentajes. Este estudio corrobora que las limaduras de acero, si se mantienen dentro de proporciones adecuadas, pueden actuar como refuerzos efectivos, mejorando las propiedades mecánicas del material. Por su parte, Ekop et al. (2022) observaron resultados similares al incorporar limaduras de hierro y partículas de vidrio, logrando una resistencia óptima al reemplazar hasta el 20% del agregado fino. La incorporación de limaduras de acero en la presente investigación se alinea con estas observaciones, pero destaca por su efecto lineal continuo hasta el 8%, evidenciando un potencial mayor en el refuerzo estructural. Otro antecedente relevante es el estudio de Marrok et al. (2024), que exploró el uso de fibras metálicas en concreto de alta fluidez (HFSC).

Este análisis mostró mejoras significativas en propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y tracción, similar a los incrementos observados en este trabajo al incorporar limaduras de acero. Aunque Marrok utilizó fibras específicas de acero inoxidable, los resultados coinciden en demostrar el beneficio de los desechos metálicos en la optimización de las propiedades del concreto. Es así que este estudio aporta evidencia sólida sobre el impacto positivo de las limaduras de acero como aditivo en el concreto, ofreciendo una alternativa sostenible para mejorar la resistencia a la compresión. La linealidad y consistencia del aumento en resistencia destacan como una ventaja significativa frente a otros estudios, sugiriendo que este tipo de refuerzo puede implementarse con mayor confianza en aplicaciones estructurales. Sin embargo, sería relevante explorar límites superiores al 8% y analizar el impacto en la trabajabilidad y durabilidad para ampliar el entendimiento y la aplicabilidad de estos hallazgos.

El objetivo de este análisis fue determinar el porcentaje óptimo de limaduras de acero que maximiza la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados experimentales indican que el 8% de incorporación de limaduras de acero ofrece los mejores resultados, alcanzando una resistencia a la compresión de 347 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa un incremento del 42.2% en comparación con el grupo control (244 kg/cm<sup>2</sup>). Este

comportamiento evidencia un efecto positivo consistente de las limaduras de acero en las propiedades mecánicas del concreto, ya que los incrementos en la resistencia se mantienen lineales y crecientes con cada porcentaje evaluado hasta alcanzar el óptimo identificado. En comparación con estudios previos, Garg (2022) evaluó diferentes niveles de incorporación de limaduras de acero y observó que el aumento en su contenido mejora significativamente la durabilidad y resistencia del concreto hasta ciertos límites, con disminuciones en la trabajabilidad cuando los porcentajes exceden el 40%. Aunque este estudio evaluó porcentajes más altos, confirma que valores moderados, como el 8%, pueden proporcionar beneficios sustanciales en términos de resistencia sin comprometer otras propiedades. De manera similar, Marrok et al. (2024) destacaron la efectividad de las fibras de acero inoxidable en dosis moderadas, mostrando incrementos en la resistencia a compresión, flexión y tracción del concreto. Aunque este antecedente empleó fibras específicas y no limaduras, el patrón de mejora hasta un umbral óptimo concuerda con los resultados de esta investigación, reforzando la hipótesis de que los materiales metálicos reciclados pueden actuar como refuerzos efectivos en el concreto.

Por otro lado, Wang et al. (2024) investigaron el uso de refuerzos de acero en concreto de alta resistencia, concluyendo que la incorporación de estos materiales mejora significativamente las propiedades de confinamiento y carga axial. Si bien el enfoque fue distinto, este antecedente refuerza la idea de que el acero en sus diversas formas puede potenciar las propiedades estructurales del concreto, un hallazgo que se alinea con el comportamiento observado en esta investigación. Se tiene de esta forma que el análisis realizado confirma que el 8% de limaduras de acero es el porcentaje óptimo para maximizar la resistencia a la compresión del concreto. Este hallazgo no solo valida la hipótesis planteada, sino que también destaca el potencial de las limaduras de acero como un recurso sostenible para mejorar las propiedades del concreto. Estos resultados contribuyen al avance de la tecnología del concreto, ofreciendo una solución viable para reutilizar desechos metálicos y mejorar la sostenibilidad en la construcción. Sin embargo, sería recomendable explorar el comportamiento del concreto a largo plazo y bajo condiciones extremas para validar la aplicabilidad práctica de este refuerzo en diferentes escenarios.

El objetivo de este análisis fue determinar la influencia de la incorporación de limaduras de acero en la resistencia a la compresión del concreto en Ayabaca, 2024. Los resultados experimentales evidencian que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de limaduras de acero y la resistencia alcanzada, descrita por el modelo lineal  $y=34.7x+208$  con un coeficiente de determinación  $R^2=0.9986$ , lo que indica un ajuste casi perfecto entre los datos y el modelo. La resistencia a la compresión se incrementó progresivamente desde el grupo control, con  $244 \text{ kg/cm}^2$ , hasta alcanzar un máximo de  $347 \text{ kg/cm}^2$  con el 8% de limaduras de acero, lo que representa un aumento del 42.2%. El análisis estadístico mediante ANOVA y la prueba de Tukey confirman que la influencia de las limaduras de acero es significativa, rechazándose la hipótesis nula y aceptándose la hipótesis alterna de que estas mejoran de manera considerable las propiedades mecánicas del concreto. Comparando estos resultados con los antecedentes revisados, Garg (2022) reportó mejoras en la durabilidad del concreto con la incorporación de limaduras de acero, aunque señaló que niveles superiores al 40% afectan negativamente la trabajabilidad y aumentan la porosidad. Este estudio coincide en que las limaduras son un aditivo eficiente, siempre que se mantengan dentro de proporciones óptimas, como el 8% evaluado en este trabajo. Por su parte, Marrok et al. (2024) demostró que la adición de fibras metálicas en concreto de alta fluidez incrementa propiedades mecánicas como resistencia a compresión y flexión. Aunque emplearon fibras específicas de acero inoxidable, sus resultados concuerdan en que los desechos metálicos, correctamente

dosificados, mejoran significativamente el desempeño estructural del concreto. Asimismo, Wang et al. (2024) analizaron la inclusión de refuerzos de acero en concreto de alta resistencia, observando una mejora en la capacidad de confinamiento y en las propiedades post-incendio. Aunque su enfoque estuvo en refuerzos internos más complejos, este antecedente refuerza la relevancia de emplear acero en diversas formas para potenciar las propiedades mecánicas del concreto.

En conclusión, el análisis realizado confirma que la incorporación de limaduras de acero tiene una influencia positiva significativa en la resistencia a la compresión del concreto, siendo el 8% el porcentaje óptimo para maximizar esta propiedad. Este hallazgo no solo valida la hipótesis planteada, sino que también resalta el potencial de las limaduras como un recurso sostenible y eficiente en la construcción. Estos resultados promueven la reutilización de desechos industriales, contribuyendo a la economía circular y al desarrollo de materiales de construcción más sostenibles. Sin embargo, futuras investigaciones podrían evaluar los efectos a largo plazo y bajo diversas condiciones ambientales para garantizar su aplicabilidad en distintos contextos constructivo.

## 5. CONCLUSIONES

- El estudio concluyó que la incorporación de limaduras de acero tiene una influencia positiva y significativa en la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados mostraron una relación directamente proporcional entre el porcentaje de limaduras de acero y la resistencia alcanzada, con un modelo lineal descrito por la ecuación  $y=34.7x+208$  y un coeficiente de determinación  $R^2=0.9986$ , lo que evidencia una correlación casi perfecta. El análisis estadístico mediante ANOVA y Tukey confirmó la significancia de estas variaciones, rechazando la hipótesis nula. El porcentaje óptimo de limaduras de acero fue del 8%, con una resistencia máxima de  $347 \text{ kg/cm}^2$ , un incremento del 42.2% respecto al grupo control (sin limaduras). Estos resultados demuestran que la utilización de limaduras de acero no solo optimiza las propiedades mecánicas del concreto, sino que también promueve la sostenibilidad al reutilizar residuos industriales, proporcionando una alternativa viable para la construcción moderna.
- La caracterización de los agregados reveló que tanto el agregado fino como el grueso cumplen con los requisitos granulométricos establecidos para su uso en concreto. Las curvas granulométricas mostraron una adecuada distribución de tamaños, garantizando una buena trabajabilidad y cohesión de la mezcla. Los ensayos realizados indican que el peso específico del agregado fino fue de  $2.662 \text{ g/cm}^3$  y el del grueso de  $2.635 \text{ g/cm}^3$ . La absorción de agua fue de 1.51% y 0.64%, respectivamente, dentro de los límites establecidos por las normas técnicas. Estas propiedades aseguran que los agregados no presentan problemas de porosidad excesiva o retención de humedad que puedan afectar negativamente la resistencia del concreto. Por lo tanto, se concluye que los agregados seleccionados son óptimos para la elaboración de mezclas con propiedades mecánicas adecuadas.
- El análisis de los resultados evidenció un incremento significativo en la resistencia a la compresión conforme se incrementó el porcentaje de limaduras de acero, alcanzando un comportamiento lineal creciente descrito por la ecuación  $y=34.7x+208$ , con un coeficiente de determinación  $R^2=0.9986$ . La resistencia aumentó desde  $244 \text{ kg/cm}^2$  en el grupo control (0% de limaduras) hasta  $347 \text{ kg/cm}^2$  con un 8% de limaduras, representando un incremento del 42.2%. Estos resultados demuestran que las limaduras de acero actúan como refuerzo, mejorando significativamente la capacidad de carga del concreto. Se concluye que la incorporación de limaduras de acero genera una influencia positiva constante y

predecible en la resistencia a la compresión del concreto, optimizando su desempeño estructural.

- El porcentaje óptimo de limaduras de acero fue identificado como el 8%, donde se alcanzó una resistencia máxima de 347 kg/cm<sup>2</sup>, el valor más alto registrado en el estudio. Este incremento del 42.2% en comparación con el grupo control confirma que este porcentaje permite maximizar las propiedades mecánicas del concreto sin comprometer su trabajabilidad o cohesión. Los porcentajes inferiores (4% y 6%) también mostraron incrementos significativos, pero sin superar al 8%. Por lo tanto, se concluye que la adición de un 8% de limaduras de acero es el punto óptimo para mejorar la resistencia a la compresión del concreto, proporcionando una alternativa sostenible y eficiente en la construcción.

## 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. FINANCIAMIENTO

Esta investigación no recibió apoyo financiero.

## 8. REFERENCIAS

- WAN, Xiangmiao et al. 2024. Effects of Incorporating Steel Fibers and Municipal Waste on the Compressive Strength of Concrete. *Structural Durability & Health Monitoring* [en línea], 218, 4, 505-524 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.32604/sdhm.2024.049363>
- AHAMI, Ali et al. 2024. Enhancing concrete properties with steel waste: a comprehensive review of GGBS, SS, and steel waste utilization. *Innovative Infrastructure Solutions* [en línea], 9, 391 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01717-w>
- TILMATINE, Thileli et al. 2024. Experimental Study on Recycled Concrete and the Impact of Waste Manufacturing Metallic Fibers on its Mechanical Performance. *International Journal of Civil Engineering* [en línea], 2024 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40999-024-01036-2>
- CORREA, William y TORRES, Ana. (2022) Influencia de la resistencia a compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con la incorporación de bolsas de cemento ecosaco usando agregado de río y de cerro, para uso en la construcción de edificaciones, Cajamarca – 2022. [Tesis; Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/35024>
- HINOSTROZA, Brandon. (2022) Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas del concreto  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  con adición de 3%, 6% y 9% de virutas de acero, Lima 2022. [Tesis; Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/32246>
- WANG, Weiwei et al. 2024. Behavior of cross-shaped stiffened concrete-filled steel tubular stub columns after fire exposure. *Structures* [en línea], 68, 2024, 107266 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107266>

- MARROK, Sara et al. 2024. Investigating the Impact of Stainless Steel Shavings Fibers 316L on Enhancing the Properties of High-Flow Sand Concrete in the Long-Term. IIETA [en línea], 2024, 529-537 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.18280/acsm.480410>
- SMITH, Ian. 2023. Compressive and Flexural Tensile Strength Impacts of Aluminum Shavings in Concrete. Construction Management [en línea], 2023 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cmsp/729>
- GARG, Himanshu. 2022. Durability of concrete made with steel filings as a replacement of fine aggregate. Materials Today: Proceedings [en línea], 49, 2022, 3127-3221 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.146>
- EKOP, Ifiok. 2022. Comparative study on recycled iron filings and glass particles as a potential fine aggregate in concrete. Resources, Conservation & Recycling Advances [en línea], 15, 2022, 200093 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200093>
- DJEBRI, Noura et al. 2022. The Effect of the Use of Residues (Metallic Shavings) in the Formulation of Self-Compacting Concrete in Fresh and Hardened State. IIETA [en línea], 2022, 301-306 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.18280/acsm.460603>
- SATHYANARAYANA, D. y PADMAPRIYA, R. 2021. Behaviour of Conventional Concrete Treated with Robo Sand and Iron Shavings. Materials Science Forum [en línea], 1019, 2021, 110-117 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1019.110>
- OFUYATAN, Olatokunbo et al. 2019. Effect of waste aluminium shavings on the bond characteristics of laterized concrete. Advances in materials Research [en línea], 2019, 8, 25-36 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.12989/AMR.2019.8.1.025>
- PEREIRA-BARCELÓ, Javier et al. 2024. Mechanical properties of recycled aggregate concrete reinforced with conventional and recycled steel fibers and exposed to high temperatures. Construction and Building Materials [en línea], 452, 2024, 138976 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138976>
- MOHAMMAD, Almulhim et al. 2024. Influence of Steel-to-Concrete Ratio on Sustainable Column Design in Saudi Arabia. Heliyon [en línea], 2024, e40261 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40261>
- LIU, Kai et al. 2020. Induction heating of asphalt mixtures with waste steel shavings. Construction and Building Materials [en línea], 234, 2020, 117368 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117368>
- ALIKHANI, Hadi y LATIFI, Manouchehr. 2022. Evaluation of the effect of Waste steel Shaving, damage severity and strain level on the healing behavior of asphalt mixtures at different damaging-healing cycles. Construction and Building

- Materials [en línea], 347, 2022, 128514 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117368>
- GORJI, Mojtaba et al. 2024. Durability and Compressive Strength of Composite Polyolefin Fiber-Reinforced Recycled Aggregate Concrete: An Experimental Study. *Composites Part C: Open Access* [en línea], 2024, 100533 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2024.100533>
- YAN, Xi y TAN, Yan. 2023. Utilizing incineration bottom ash-infused steel fiber-reinforced concrete: An analysis of compressive strength and carbonation durability. *Materials Letters* [en línea], 378, 2023, 137570 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2024.137570>
- ALI, Mohsin et al. 2024. Genetic programming-based algorithms application in modeling the compressive strength of steel fiber-reinforced concrete exposed to elevated temperatures. *Composites Part C: Open Access* [en línea], 15, 2024, 100529 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2024.100529>
- BAIMYRZAEVA, Mahabat, 2018. *Beginners' Guide for Applied Research Process: What Is It, and Why and How to Do It?* [en línea] Universidad Central de Asia [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.ucentralasia.org/media/ackcdaec/uca-ippa-op4-beginners-guide-for-applied-research-process-eng.pdf>
- NEUMARK, David, 2018. Experimental Research on Labor Market Discrimination. *Journal of Economic Literature* [en línea], 56, 3, 779-866 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/jel.20161309>
- BLOOMFIELD, Jacqueline y FISHER, Murray, 2019. Quantitative research design. *Journal of the Australasian Rehabilitation Nurses Association* [en línea], 22, 2, 27-30 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.738299924514584>
- PERUGINI, Marco, GALLUCCI, Marcello y COSTANTINI, Giulio, 2018. A practical primer to power analysis for simple experimental designs. *Revue Internationale de Psychologie Sociale* [en línea], 31, 1, 1-23 [consulta: 01 de junio de 2024]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.5334/IRSP.181>